

## REPORTE FINAL

### EMISIONES DE LOS APARATOS DE COCINA DE LOS VENDEDORES AMBULANTES (ASADORES AL CARBÓN)

Preparado por:

Suh Y. Lee  
ARCADIS Geraghty & Miller  
4915 Prospectus Drive  
P.O. Box 13109  
Research Triangle Park, NC 27709

Contrato de la *EPA* No. 68-D4-0005  
Asignación de Trabajo No. 5-023

Contrato de la *EPA* No. 68-C-99-201  
Asignación de Trabajo No. 0-037

Oficial de la *EPA* para el Proyecto: Paul M. Lemieux  
*Air Pollution Prevention and Control Division,*  
*U.S. National Risk Management Research Laboratory*  
(División para la Prevención y el Control de la Contaminación del Aire,  
Laboratorio Nacional para la Investigación de la Administración de Riesgos)  
Research Triangle Park, NC (Carolina del Norte) 27711

Preparado para la  
*U.S. Environmental Protection Agency*  
*Office of Research and Development*  
(Oficina de Investigación y Desarrollo de  
la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.)  
Washington, DC 20460

## PREFACIO

El *U.S.-Mexico Border Information Center on Air Pollution* (Centro de Información sobre la Contaminación del Aire Para la Frontera entre México-EE.UU. o CICA), fue establecido por la *Office of Air Quality Planning and Standards* o *OAQPS* (Oficina de Planificación y Normas de la Calidad del Aire), de la *Environmental Protection Agency* o *EPA* (Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.) para proporcionar apoyo y asistencia técnica en la evaluación de los problemas sobre la contaminación del aire a lo largo de la frontera México-EE.UU. Estos servicios y productos están disponibles sin costo para las universidades y las dependencias federales, estatales y municipales en México. Otros usuarios pueden utilizar estos servicios dependiendo de los recursos disponibles. El CICA proporciona un acceso rápido a la información y experiencia de la *EPA*. Se basa en el personal profesional de la *OAQPS* y de la *Office of Research and Development* u *ORD* (Oficina de Investigación y Desarrollo) de la *EPA*. Además, se cuenta con contratistas particulares disponibles para cuando sea conveniente.

## SERVICIOS DEL CICA

El CICA proporciona asistencia de las siguientes formas:

- **LINEAS DE COMUNICACION**

El CICA ofrece servicios de comunicación bilingüe (Inglés y Español)

**TELEFONO:** Sin costo, sólo desde México: (800) 304-1115 (Español)  
Desde otras localidades: (919) 541-1800 (Español)  
o (919) 541-0800 (Inglés)

**FAX:** (919) 541-0242      **Correo Electrónico:** catcmail@epa.gov

- **ASISTENCIA EN LINEA**

Internet World Wide Web (CICA Web)  
<http://www.epa.gov/ttn/catc/cica/>

- **ASISTENCIA EN INGENIERIA / GUIA TECNICA**

- **DOCUMENTOS DE GUIA Y RECURSOS TECNICOS**

- **INTERNATIONAL TECHNOLOGY TRANSFER CENTER FOR GLOBAL GREENHOUSE GASES (CENTRO INTERNACIONAL PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA PARA LOS GASES DE INVERNADERO GLOBALES)**

El establecimiento de un inventario confiable de las emisiones de todas las fuentes significativas de contaminantes del aire en el área de Mexicali, Baja California, México – Valle de Imperial, California, EE.UU., es parte de un esfuerzo integral para identificar los problemas de contaminación del aire e implementar medidas para mejorar la calidad del aire a lo largo de la frontera México-EE.UU. El propósito de este proyecto fué el de determinar las emisiones potenciales de los asadores al carbón operados por los vendedores ambulantes en Mexicali, México. Con frecuencia, estos asadores se alinean en las calles de Mexicali, especialmente en la zona del centro de la ciudad y generan una cantidad considerable de emisiones visibles. Para llevar a cabo esta tarea, el CICA solicitó al *U.S. National Risk Management Research Laboratory (ORD)*, *Air Pollution Prevention and Control Division* (Laboratorio Nacional para la Investigación del Manejo de Riesgos de la División para la Prevención y el Control de la Contaminación del Aire de EE. UU.), que condujera un simulación en el laboratorio. Este reporte es el resultado de este esfuerzo.

## CONTENIDO

<u>Sección</u>	<u>Página</u>
PREFACIO .....	ii
LISTA DE TABLAS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN EJECUTIVO .....	vii
RECONOCIMIENTOS.....	x
1.0 INTRODUCCIÓN.....	1
2.0 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....	4
2.1 Instalación para las Pruebas.....	4
2.2 Carne y Carbón .....	6
2.3 Condiciones de las Pruebas .....	7
2.4 Procedimiento de las Pruebas .....	7
2.5 Tomando Muestras de Emisiones y Procedimiento de Medición.....	8
2.5.1 Tomando muestras de MP y COS .....	8
2.5.2 Tomando muestras de MP <sub>10</sub> y MP <sub>2.5</sub> .....	9
2.5.3 Tomando muestras de COV .....	10
2.5.4 Tomando muestras de Aldehídos .....	10
2.6 Mediciones con el Monitor Continuo de Emisiones (MCE) .....	10
2.6.1 Mediciones de CO, CO <sub>2</sub> , y O <sub>2</sub> .....	10
2.6.2 Analizador de NO <sub>x</sub> .....	11
2.6.3 Medición de Hidrocarburos Totales (HCT) .....	11
2.6.4 Analizador de SO <sub>2</sub> .....	11
2.7 Procedimientos Analíticos .....	12
2.7.1 Análisis de COS .....	12
2.7.2 Análisis de COV .....	12
2.7.3 Análisis de Aldehídos .....	12
3.0 RESULTADOS .....	13
3.1 Resultados de los COV .....	14
3.2 Resultados de los COS .....	18
3.3 Resultados de los Aldehídos .....	25
3.4 MP total, CO, NO y HCT .....	29
3.5 Distribución del Tamaño de Partículas (MP <sub>10</sub> y MP <sub>2.5</sub> ) .....	39
4.0 CONCLUSIONES .....	41
5.0 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD / CONTROL DE CALIDAD ( A C / C C ) .....	42
5.1 Meta de Valores de los Indicadores de la Calidad de Datos .....	43
5.2 Limitaciones de los Datos .....	44

5.3	Auditorías .....	46
5.3.1	Resumen de Auditoría .....	46
5.3.2	Anomalías / Observaciones .....	46
5.3.3	Acciones Correctivas .....	47

REFERENCIAS .....	47
-------------------	----

## APÉNDICES

Nota – Todos los apéndices es tan publicados en inglés solamente.

Apéndice A:	Reporte del Análisis de Grasas (Appendix A: Report of Fat Analysis) .....	A-1
Apéndice B:	Análisis del Carbón (Appendix B: Charcoal Analysis) .....	B-1
Apéndice C:	Datos de Peso para el Carbón y la Carne, kg (lb) (Appendix C: Weight Data for Charcoal and Meat, kg (lb)).....	C-1
Apéndice D:	Temperaturas Promedio de Parrilla y Datos MCE Promedio para Toda la Corrida (Appendix D: Average Grill Temperatures and Average CEM Data for Total Run) .....	D-1
Apéndice E:	Temperaturas Promedio de la Parrilla y Datos MCE Promedios durante el Asado (Appendix E: Average Grill Temperatures and Average CEM Data During Grilling).....	E-1
Apéndice F:	Distribuciones del Tamaño de las Partículas (Appendix F: Particle Size Distributions) .....	F-1
Apéndice G:	Datos de Concentración del MCE durante la Corrida de Prueba (Appendix G: CEM Concentration Data During the Test Run) G-1	
Apéndice H:	Datos de las Emisiones de COV (Appendix H: VOC Emission Data).....	H-1
Apéndice I:	Datos de las Emisiones de COS (Appendix I: SVOC Emission Data .....	I-1

## LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
E-1 Resumen de las Condiciones de Prueba .....	ix
E-2 Resumen de los Datos de las Emisiones .....	ix
2-1 Resumen de las Condiciones de las Pruebas .....	8
3-1 Resumen de los Resultados de los COV (Compuestos de Interés) .....	15
3-2 COS de las Emisiones de los Filtros, en base a:	
(a) Tiempo de Cocción .....	19
(b) Peso de la Carne más el Carbón .....	19
(c) Peso de la Carne .....	20
3-3 COS de las Emisiones de las Trampas XAD, en base a:	
(a) Tiempo de Cocción .....	21
(b) Peso de la Carne más el Carbón .....	21
(c) Peso de la Carne .....	22
3-4 Emisiones de Aldehídos .....	26
3-5 Emisiones de Particulados Totales .....	30
3-6 Emisiones de Monóxido de Carbono.....	30
3-7 Emisiones de Óxido Nítrico .....	31
3-8 Emisiones de Hidrocarburos Totales .....	31
3-9 Resumen de las Distribuciones del Tamaño de las Partículas .....	39
5-1 Objetivos de los Indicadores de la Calidad de los Datos para las Mediciones Críticas.....	45

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
2-1 Instalación para las Pruebas de los Asadores al Carbón de los Vendedores Ambulantes Mexicanos .....	4
2-2 Asador al Carbón Modificado Utilizado en la Prueba .....	5
3-1 Efecto del Dispositivo de Control en las Emisiones de COV Totales .....	16
3-2 Efectos del Tipo de Carne en las Emisiones de COV Totales .....	17
3-3 Efecto del Marinado de la Carne en las Emisiones de COV Totales.....	17
3-4 Efecto del Dispositivo de Control sobre las Emisiones de COS Totales .....	23
3-5 Efectos de los Tipos de Carne sobre las Emisiones de COS Totales .....	23
3-6 Efecto del Marinado sobre las Emisiones de COS Totales .....	24
3-7 Efectos del Dispositivo de Control sobre las Emisiones Totales de Aldehídos	27
3-8 Efectos de los Tipos de Carne sobre las Emisiones Totales de Aldehídos.....	27
3-9 Efecto del Marinado sobre las Emisiones Totales de Aldehídos.....	28
3-10 Emisiones de CO Únicamente del Carbón Encendido Comparadas con las Emisiones de la Cocción de la Carne .....	32
3-11 Efectos de Tipo de Carne sobre las Emisiones de CO .....	33
3-12 Efectos del Marinado sobre las Emisiones de CO .....	33
3-13 Emisiones de NO Provenientes Únicamente de la Combustión del Carbón y la Cocción de la Carne .....	34
3-14 Efectos del Marinado sobre la Emisión de NO .....	34
3-15 Efectos de la Cocción de la Carne con y sin el Dispositivo de Control sobre las Emisiones de MP Total .....	35
3-16 Efectos de los Tipos de Carne sobre las Emisiones de MP Total .....	36
3-17 Efecto del Marinado sobre la Emisión de MP Totales .....	36
3-18 Emisiones de HCT Provenientes de la Combustión del Carbón, la Cocción de la Carne con y sin el Dispositivo de Control .....	37
3-19 Efectos del Tipo de Carne sobre las Emisiones de HCT .....	37
3-20 Efectos del Marinado sobre las Emisiones de HCT .....	38
3-21 Distribución del Tamaño de las Partículas .....	40

## RESUMEN EJECUTIVO

La EPA, trabajando a través del *Clean Air Technology Center – CATC* (Centro de la Tecnología de Aire Limpio) y el Centro de Información sobre Contaminación de Aire (CICA) para la frontera entre México y EE.UU., junto con el Instituto Nacional de Ecología (INE), han iniciado un programa para establecer un inventario confiable de las emisiones de una fuente significativa de contaminantes del aire en el área de Mexicali-Valle de Imperial, siendo ésta los asadores al carbón de los vendedores ambulantes.

Las emisiones de los asadores al carbón de los vendedores ambulantes, prevalecientes en las calles de Mexicali, México, fueron investigadas experimentalmente midiendo los niveles de la materia particulada (MP), las distribuciones del tamaño de partículas ( $MP_{10}$  y  $MP_{2.5}$ ), los compuestos orgánicos volátiles (COV), los compuestos orgánicos semivolátiles (COS), los aldehídos y los óxidos de nitrógeno y azufre, emitidos cuando se cocinan las carnes con carbón encendido sobre una parrilla. El asador de prueba fue cuidadosamente seleccionado para simular los asadores de los vendedores ambulantes en Mexicali. Se planeó un total de nueve corridas de prueba para el programa. Con el objeto de investigar el flujo de emisión, tanto la carne de res como la de pollo fueron sometidas a prueba. Además, ambos tipos de carne fueron marinados con una mezcla similar a la utilizada por los vendedores ambulantes. Inicialmente se decidió utilizar únicamente carbón de Mexicali; sin embargo, las dificultades para obtenerlo en cantidades suficientes requirió utilizar carbón obtenido localmente para algunas de las pruebas. Ambos tipos de carbón fueron comparados para asegurar propiedades físicas y químicas similares. Para efectos de comparación, algunas de las pruebas se condujeron con carne sin marinar. Dos corridas en blanco fueron llevadas a cabo tomando muestras de fuegos al carbón sin carne. Finalmente, un dispositivo de control sencillo, normalmente utilizado en el extractor para atrapar la grasa sobre una estufa, fue evaluado en su efectividad para reducir emisiones. Un resumen de las condiciones de prueba se muestra en la tabla E-1.

Cada corrida de prueba duró un promedio de aproximadamente tres horas con el carbón encendido, de las cuales el período de cocción de la carne fue de una a dos horas. Para cada corrida se asaron aproximadamente 5 a 6 kg. de carne y se consumió un promedio de 6 kg. de carbón. La MP totales y los COS totales fueron muestreados usando el método *MM5G* de la EPA. La materia particulada con diámetros aerodinámicos iguales o menores de  $10\ \mu\text{m}$  ( $MP_{10}$ ) y de  $2.5\ \mu\text{m}$  ( $MP_{2.5}$ ), fue evaluada usando un impactor en cascada por inercia *Andersen Mark III*. Se tomaron muestras de los COV utilizando cartuchos *SUMMA*. Las muestras de COV y COS fueron analizadas con un *GC-Mass spectrometer* (espectrómetro de masa). Se tomaron muestras de los aldehídos utilizando cartuchos *SNPH* y analizados por cromatografía líquida de alto rendimiento (*HPLC*), tal como se describe en el método *IP-6A* de la EPA. El monóxido de carbono (CO), el oxígeno ( $O_2$ ), el bióxido de carbono ( $CO_2$ ), el óxido nítrico (NO), los

hidrocarburos totales (HCT) y el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), fueron medidos con monitores continuos de emisiones (MCE).

Todos los parámetros de emisión medidos durante las corridas de prueba parecieron razonables, con la excepción de las mediciones de bióxido de azufre. Las grandes fluctuaciones de las lecturas de SO<sub>2</sub> para todas las corridas de prueba sugirió un desperfecto del instrumento de SO<sub>2</sub> o que el rango del instrumento era demasiado alto para el bajo nivel de SO<sub>2</sub> presente. Los resultados de las emisiones de las corridas de prueba se resumen en la tabla E-2. Los resultados están tabulados como emisiones en base al tiempo total de cocción, emisiones por unidad de peso de la carne y del carbón utilizados y emisiones por unidad de peso de carne asada.

En base al análisis de los resultados de las pruebas, se llegó a las siguientes conclusiones acerca de las emisiones provenientes de los asadores al carbón de los vendedores ambulantes:

- Las emisiones de MP total, COV totales y COS totales de los asadores de los vendedores ambulantes es básicamente el resultado de asar carne; ésto es, el carbón no contribuye a estas emisiones.
- La carne marinada generó un aumento de emisiones de COV totales y de MP total en comparación a la carne sin marinar.
- No hubo diferencias significativas en los flujos de emisión entre la carne de res y la de pollo.
- Las emisiones de CO y NO derivan más bien de la combustión del carbón que del asado de la carne.
- La emisión de HCT es debida casi totalmente al consumo inicial de los hidrocarburos presentes en el carbón. La emisión de HCT fué confinada sólo durante la primera media hora de encendido del carbón.
- En base a observaciones muy limitadas, la simple malla colocada en la chimenea (dispositivo de control para la emisión), pareció ser muy efectiva para la reducción de las emisiones de MP, COV, COS e HCT de los asadores al carbón de los vendedores ambulantes, pero sólo se llevó a cabo una prueba para evaluar este dispositivo; por lo tanto, no se obtuvieron resultados concluyentes.
- La distribución del tamaño de partículas de todas las corridas de prueba fué muy similar. La mayoría de las partículas poseían un diámetro aerodinámico menor de 2.5 µm (MP<sub>2.5</sub>). Solamente el 20% en peso de las partículas poseían un diámetro aerodinámico entre 10 µm y 2.5 µm.

**Tabla E-1. Resumen de las Condiciones de Prueba**

Número de Prueba	Tipo de Carne	Marinado	Carbón	Control de Emisiones
MC1	Res	Si	Mexicano	No
MC2	Pollo	Si	Mexicano	No
MC3	Res	No	Mexicano	No
MC4	Ninguna		Local	No
MC5	Ninguna		Mexicano	No
MC6	Res	Si	Local	No
MC7	Pollo	Si	Local	No
MC8	Res	No	Local	No
MC9	Res	No	Local	Si

**Tabla E-2. Resumen de los Datos de las Emisiones**

**Flujos Totales de las Emisiones, g / hora**

	Condiciones de Prueba	NO	HCT	MP	CO	Aldehídos	COV	COS
MC1	Res-Marinada	5.21	20.38	18.06	385.6	2.579	2.334	0.0056
MC2	Pollo-Marinado	16.46	20.17	22.65	376.3	2.160	2.383	0.0259
MC3	Res-No Marinada	8.46	13.20	19.53	462.9	1.976	2.169	0.0152
MC4	Carbón unicamente	13.15	1.43	1.27	435.7	0.360	0.253	ND*
MC5	Carbón unicamente	16.34	4.53	2.81	494.3	0.346	0.485	ND
MC6	Res-Marinada	14.16	6.89	32.49	484.3	3.177	2.941	0.006
MC7	Pollo-Marinado	6.62	3.53	34.94	556.7	3.281	3.607	0.0087
MC8	Res-No Marinada	5.17	14.47	30.41	518.1	2.819	2.598	0.003
MC9	Res-No Marinada Filtro de Control	6.26	1.19	23.70	574.5	1.776	1.157	ND

\*ND – no se detectaron

**Emisiones Totales por Unidad de Peso de la Carne más el Carbón, g / kg de Carne + Carbón**

	Condiciones de Prueba	NO	HCT	MP	CO	Aldehídos	COV	COS
MC1	Res-Marinada	2.55	9.98	8.85	188.9	1.263	1.105	0.002
MC2	Pollo-Marinado	7.85	9.62	10.80	179.4	1.030	1.089	0.0116
MC3	Res-No Marinada	3.33	5.19	7.68	182.1	0.777	0.826	0.0053
MC4	Carbón unicamente	5.98	0.65	0.58	198.1	0.163	0.115	ND*
MC5	Carbón unicamente	10.30	2.85	1.77	311.5	0.218	0.300	ND
MC6	Res-Marinada	4.35	2.11	9.97	148.7	0.975	0.866	0.0018
MC7	Pollo-Marinado	1.90	1.02	10.05	160.2	0.944	0.998	0.0022
MC8	Res-No Marinada	1.35	3.77	7.91	134.8	0.734	0.653	0.0008
MC9	Res-No Marinada Filtro de Control	1.51	0.29	5.71	138.5	0.428	0.268	ND

\*ND - no se detectaron

### Emisiones Totales por Unidad de Carne Asada, g / kg de Carne Asada

	Condiciones de Prueba	NO	HCT	MP	CO	Aldehídos	COV	COS
MC1	Res-Marinada	2.36	9.21	8.16	174.3	1.165	1.055	0.0025
MC2	Pollo-Marinado	6.37	7.80	8.76	145.5	0.835	0.921	0.0100
MC3	Res-No Marinada	3.32	5.19	7.67	181.8	0.776	0.852	0.0060
MC4	Carbón unicamente	NA**	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MC5	Carbón unicamente	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MC6	Res-Marinada	4.70	2.29	10.79	160.8	1.055	0.977	0.0020
MC7	Pollo-Marinado	2.02	1.08	10.68	170.2	1.003	1.102	0.0027
MC8	Res-No Marinada	1.45	4.06	8.52	145.2	0.790	0.728	0.0008
MC9	Res-No Marinada Filtro de Control	1.76	0.33	6.64	161.1	0.498	0.325	0

\*\*NA – no aplicable

### RECONOCIMIENTOS

Mark Fuentes de *CARB-San Diego*, y Gasper Torres y Robert Fisher del *Imperial Valley Air Pollution Control District* (Distrito de Control de la Contaminación del Aire del Valle de Imperial), contribuyeron significativamente al proyecto facilitando una gira por la ciudad de Mexicali y obteniendo carbón de México para la prueba. Peter Kariher y Russell Logan de *ARCADIS Geraghty and Miller* llevaron a cabo las pruebas y el muestreo. Además, Dennis Tabor y William Preston de *ARCADIS Geraghty and Miller* realizaron los análisis orgánicos.

## 1.0 INTRODUCCIÓN

El establecimiento de un inventario confiable de las emisiones de las fuentes más importantes de contaminantes del aire en el área de Mexicali-Valle Imperial, es parte de un esfuerzo integral para identificar los problemas de la contaminación del aire e implementar medidas para mejorar la calidad del aire a lo largo de la frontera entre EE.UU. y México. La *EPA*, trabajando a través del *Clean Air Technology Center - CATC* (Centro de la Tecnología del Aire Limpio) y el Centro de Información sobre Contaminación de Aire (CICA) para la frontera entre EE.UU. y México, junto con el Instituto Nacional de Ecología (INE), han iniciado conjuntamente un programa para lograr este objetivo.

Con anterioridad<sup>1</sup> se ha realizado un estudio preliminar básico y una evaluación inicial de las categorías de las fuentes de emisiones al aire en Mexicali, México. Se identificó que las categorías de fuentes de emisiones eran los asadores de carbón de los vendedores ambulantes, los canales y sistemas de conducción abiertos de drenaje y las descargas de drenaje no conducidas. Recientemente, el Instituto de Investigación del Desierto, estudió las emisiones provenientes de los asadores al carbón, realizando mediciones *in situ* en los puestos de tacos y restaurantes con estufas de carbón a cielo abierto en Mexicali, como parte de su estudio trans fronterizo de  $MP_{10}$  en el Valle Imperial/Mexicali<sup>2</sup>.

El objetivo de este proyecto fue el de investigar una de las categorías de fuentes en Mexicali que son únicas en su género - los asadores al carbón de los vendedores ambulantes. Se caracterizan varias emisiones de los asadores al carbón de los vendedores ambulantes y, cuando es posible, se evalúan tecnologías de control de bajo costo para reducir esas emisiones. Las emisiones de importancia provenientes de los asadores de los vendedores ambulantes son la materia particulada ( $MP_{10}$  y  $MP_{2.5}$ ), los compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), los compuestos orgánicos volátiles (VOC), aldehídos, óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y óxidos de azufre ( $SO_x$ ).

Para lograr estos objetivos, *ARCADIS Geraghty and Miller*, bajo el contrato no. 68-D4-0005 de la *EPA* condujo estudios de laboratorio para obtener los datos requeridos de emisiones, utilizando un asador parecido a los utilizados en Mexicali. También, en una sola prueba se evaluó una tecnología de control de bajo costo que podría ser apropiada para su uso en Mexicali. El enfoque técnico del proyecto fue desarrollado en base a observaciones efectuadas durante visitas locales a Mexicali. En general, la preparación de alimentos por los vendedores ambulantes incluye una variedad de actividades en las que los alimentos son preparados ya sea en estructuras portátiles o fijas. Los tipos de alimentos preparados en estas unidades incluyen carnes asadas a la parrilla para tacos, burritos y otros antojitos típicos de la cocina mexicana nortea. Los asadores utilizan como su fuente de calor, ya sea carbón o propano o algún otro gas comprimido común. La carne se asa exclusivamente sobre el fuego del carbón para realzar su sabor. Los quemadores que utilizan gas comprimido son usados principalmente para calentar las placas que conservan

calientes los alimentos previamente asados y para calentar o tostar tortillas. Por lo tanto, se estima que las únicas emisiones significantes de los asadores de los vendedores ambulantes son las provenientes del carbón y no de los quemadores de gas comprimido.

Se observó durante la visita local que las emisiones más visibles (humo), ocurrían durante el tiempo que la carne era asada - cuando la grasa de la carne escurría sobre los trozos de carbón encendidos. En la mayoría de los asadores se utilizan dos tipos de carbón: los trozos estándar para asadores, muy similares a los que están disponibles comercialmente en EE.UU., y el carbón de leña conocido como carbón de mezquite. Aunque no se efectuaron estudios sistemáticos, parece ser que el carbón de leña es usado con mayor frecuencia para la mayoría de los asadores.

También se observó durante la visita local, que la carne utilizada con más frecuencia para asar era la de res, de aproximadamente 1 cm. de espesor con lados de 10 x 15 cm. El corte de carne utilizado con más frecuencia es el bistec de solomillo o el de lomo. Otro tipo de carne utilizado por los vendedores ambulantes es el muslo de pollo. Se utilizaba alguna preparación para marinar tanto la carne de res como el pollo durante algunas horas antes de cocinarse. Con el objeto de simular la preparación de las carnes de los vendedores ambulantes mexicanos tanto como fuera posible, se decidió para el programa de laboratorio hacer pruebas tanto con la carne de res como con el pollo, marinadas y sin marinar.

Inicialmente se hicieron esfuerzos por obtener un asador de los que se estaban utilizando en México. Sin embargo, esto resultó impráctico debido al poco tiempo disponible para realizar las pruebas. En su lugar, se obtuvo localmente un asador de carbón muy parecido a la versión mexicana y se utilizó durante toda la serie de pruebas. Se usó carbón de leña para las pruebas.

Las emisiones al asar carne probablemente dependen fuertemente del método usado para asarla, del contenido de grasa y del tipo de carne utilizada. Hay varias formas para cuantificar los flujos de emisión, en unidades de masa, provenientes de los asadores al carbón. Las cantidades consumidas de combustible, los productos de carne que son asados, los metros cuadrados de la superficie de la parrilla cubierta por la carne asándose y el tipo de carne utilizada, pueden ser utilizados para calcular un factor de emisión, o serie de factores de emisiones, que pudieran utilizarse para describir el flujo promedio de las emisiones de los asadores. Los siguientes parámetros de prueba fueron medidos durante cada una de las corridas de prueba:

- Presión Ambiental (atm.)
- Temperatura Ambiental o del Laboratorio (°C)
- Tiempo de Muestreo (min.)
- Medición Continua de Masa del Combustible, Carne y Asador (kg)
- Velocidad de Combustión (kg/hr)
- Temperatura de la Chimenea (°C)

- Peso Inicial del Combustible (kg)
- Peso Final del Combustible (kg)
- Peso Inicial de la Carne (kg)
- Peso Final de la Carne (kg)
- Contenido de Grasa de la Carne (%)
- Peso del Residuo Raspado de la Parrilla del Asador (kg)
- Velocidad de Dilución
- Monóxido de Carbono (CO)
- MP Totales
- MP<sub>10</sub> y MP<sub>2.5</sub>
- Aldehídos
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
- Compuestos Orgánicos Semivolátiles (COS)
- Oxido Nítrico (NO)
- Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)
- Oxígeno (O<sub>2</sub>)
- Bióxido de Carbono, (CO<sub>2</sub>)

Las muestras de MP y COS totales fueron recolectadas utilizando el procedimiento de muestreo *MM5G*<sup>3</sup>, mientras que la MP<sub>10</sub> y la MP<sub>2.5</sub> fueron medidas por medio de un impactor en cascada por inercia *Andersen Mark III*<sup>4</sup>. Las muestras de COV fueron recolectadas en cartuchos *SUMMA*<sup>5</sup> y las muestras de aldehídos se obtuvieron utilizando cartuchos con *DNPH* (dinitro-fenil-hidrazina), de acuerdo al método modificado *IP-6A*<sup>6</sup>. Los NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>, junto con los otros compuestos estándar medidos con los sistemas MCE, tales como CO, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, fueron medidos durante el estudio. (Los métodos de muestreo y análisis utilizados se describen en detalle en la sección 2.0).

Como alternativa de tecnología de bajo costo para los asadores equipados con campana o chimenea, se evaluó una malla de rejilla de aluminio parecida al filtro de malla utilizado en los extractores de cocina. Puesto que la mayoría de la venta ambulante, es una operación de bajo presupuesto, el dispositivo de control debe ser barato. Además, por lo general, los vendedores ambulantes no tendrán acceso a una toma de corriente. Por tanto, el dispositivo de control que se proponga deberá ser capaz de operar sin una fuente de energía externa, o quizás pudiera ser alimentada con energía solar. Algún tipo de trampa para la grasa instalada en el ducto de la chimenea, con un ventilador accionado por energía solar, podría resultar apropiada. Debido a las limitaciones de tiempo y fondos, se efectuó sólo una prueba de

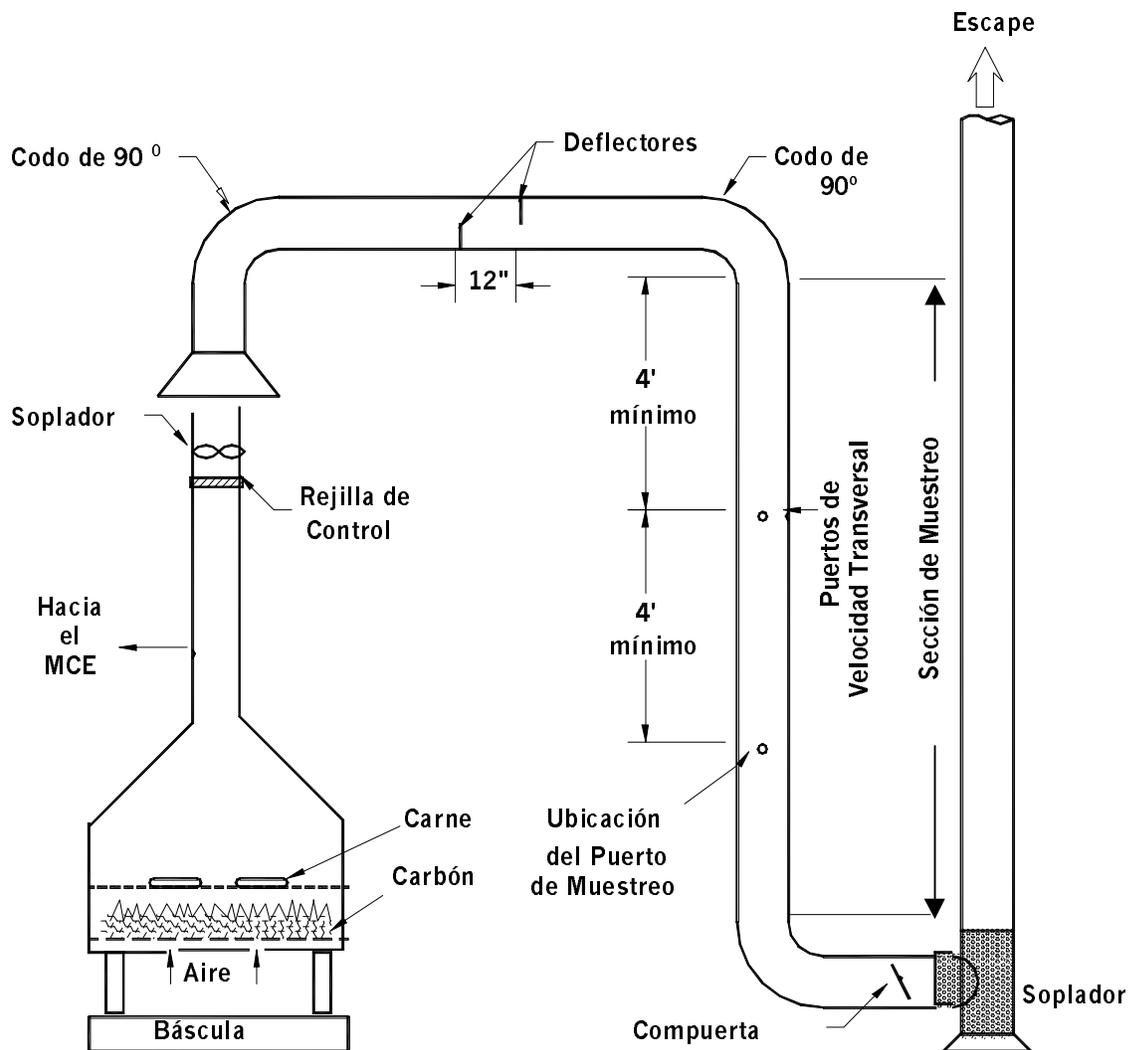
evaluación de la efectividad del filtro de malla. Se requiere de pruebas adicionales para llegar a alguna conclusión válida acerca de la efectividad de este dispositivo.

## 2.0 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 2.1 Instalación para las Pruebas

La prueba fué conducida en el local para pruebas *Woodstove Test Facility de EPA* dentro de las instalaciones de *ARCADIS Geraghty y Miller* en Research Triangle Park, Carolina del Norte, EE.UU.El

**Figura 2-1. Instalación para las Pruebas de los Asadores al Carbón de los Vendedores Ambulantes Mexicanos**



local para pruebas *Woodstove* está equipado con un túnel de dilución (Figura 2-1) para tomar muestras previo al venteo del gas hacia el exterior. El túnel de dilución consiste de un ducto de 6 pulgadas con puerto para muestreo conectado a un soplador que conduce a un ducto de escape en la parte exterior del edificio.

Previo a las pruebas de cocción, la porción de la torre del túnel de dilución comprendida hasta el punto del soplador fue sustituida por una torre nueva. El laboratorio está equipado con sistemas de muestreo de gases y monitor de emisiones continuas para CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub> e hidrocarburos totales.

El corazón de la instalación de prueba es la parrilla para asar que duplica bastante bien los asadores al carbón de los vendedores ambulantes mexicanos. En base a la visita realizada al lugar, se concluyó que la fuente de la mayoría de las emisiones ya sea de los vendedores ambulantes o de los comedores estacionarios permanentes, es el humo y otros contaminantes emitidos por la cocción ya sea de pollo o de carne de res en los asadores al carbón. Todos los asadores al carbón inspeccionados durante las visitas al lugar eran de un diseño sencillo y bastante similares. Los asadores consistían en una caja rectangular de aproximadamente 10 a 15 cm de profundidad que contenía el carbón encendido, y una parrilla para asar que se coloca encima de la caja. Algunos de los asadores tenían paredes en los lados y al fondo y una campana con chimenea encima de la pared. En vez de fabricar una unidad para asar al carbón similar a la versión mexicana, se obtuvo y modificó un asador comercial (*BBQ-PRO, Model no. 8402, K-mart Corporation*), añadiendo paredes laterales y de fondo y una campana con chimenea (figura 2-2). La modificación se efectuó principalmente para contener las emisiones a ser recogidas para su análisis.



**Figura 2-2. Asador al Carbón Modificado Utilizado en la Prueba**

## 2.2 Carne y Carbón

No fué práctico obtener para este estudio la misma carne utilizada en México. Tanto la carne de res como el pollo fueron adquiridas en un supermercado local en cantidades suficientes para una o dos pruebas. Las muestras de carne de res utilizadas para la prueba fueron un corte designado como bistec de lomo con el exceso de grasa recortado. Las muestras de carne de res utilizadas para las pruebas de cocción eran de aproximadamente 1 cm de espesor con lados de 10 x 15 cm. Visualmente, parecía que el contenido de grasa de cada pieza de muestra era razonablemente constante. La muestra de pollo utilizada fue carne de muslo deshuesada sin piel. Aunque los vendedores de carne en México indicaron que generalmente marinan la carne antes de cocinarla, tanto la carne de res como la de pollo fueron puestas a prueba con y sin marinar. La receta para el marinado utilizado para las muestras de carne de res y pollo es la siguiente:

### Preparación para 5 libras de bistec de lomo

3/4 de un ajo entero, pelado y aplastado  
1/4 de mazo de cilantro, finamente picado  
3/4 de taza de aceite de oliva  
3/4 de taza de jugo de limón  
1 cucharada de sal  
1/4 de cucharadita de pimienta negra

### Preparación para 5 libras de muslo de pollo

3/4 de un ajo entero, pelado y aplastado  
1/4 de mazo de cilantro, picado finamente  
3/4 de taza de aceite de oliva  
3/4 de taza de jugo de limón  
1 cucharada de sal,  
o 1/8 de taza de salsa de soya  
1/4 de cucharadita de pimienta negra  
1/4 de taza de azúcar

Se tomaron muestras al azar del contenido de grasa de la carne de res y del pollo marinada y sin marinar, y fueron enviadas a un laboratorio comercial de pruebas. El laboratorio analizó las muestras por medio del método *AOAC 960.30*<sup>7</sup> de extracción con éter para el contenido graso. Los resultados de los análisis se anexan en el Apéndice A.

Se utilizaron aproximadamente de 5 a 6 kg de carbón de leña para cada prueba. Inicialmente se obtuvo una provisión de carbón de Mexicali y se utilizó para las tres primeras pruebas de cocción. Sin embargo, fué difícil obtener una provisión continua de carbón mexicano suficiente para todo el programa de pruebas. Se obtuvo una provisión adicional de carbón de un comercio local y se utilizó durante el resto de las pruebas. Se enviaron muestras tanto de carbón mexicano como de carbón local a un laboratorio comercial para análisis comparativo. (Los resultados de los análisis se anexan en el Apéndice B. El análisis comparativo de ambas muestras, la cantidad de humedad, la materia volátil y el contenido de carbón fijo fueron casi idénticas. Sin embargo, los contenidos de cenizas fueron significativamente

diferentes. Esto es debido probablemente a la diferencia en el contenido mineral de la madera de diferentes lugares geográficos. El contenido de ceniza, aunque sea importante en algunos estudios, pudiera no ser un factor significativo en el estudio particular en el que la ceniza quedó en el asador como residuo.

### **2.3 Condiciones de las Pruebas**

Un total de nueve (9) pruebas se realizaron de la siguiente manera:

Emisiones sin Filtrar:

- Prueba No.1 con Carne de Res - Cocción de la carne de res marinada
- Prueba No.1 con Pollo - Cocción del pollo marinado
- Prueba No. 2 con Carne de Res - Cocción de la carne de res sin marinar
- Prueba en Blanco No.1 con Carbón - Solamente se quemó carbón (local)
- Prueba en Blanco No.2 con Carbón - Solamente se quemó carbón (mexicano)
- Prueba No. 3 con Carne de Res - Cocción de la carne de res marinada
- Prueba No. 2 con Pollo - Cocción del pollo marinado.
- Prueba No. 4 con Carne de Res - Cocción de la carne de res sin marinar

Emisiones Filtradas:

- Prueba No. 5 con Carne de Res - Cocción de la Carne sin marinar y con un filtro de malla para el control de emisiones.

El número, condiciones y fechas de las pruebas están tabulados en la tabla 2-1.

### **2.4 Procedimiento de Prueba**

Los siguientes procedimientos de prueba fueron usados para todas las pruebas efectuadas:

- 1) Marinar (cuando la prueba lo requiere), la carne de res o pollo durante 12 horas.
- 2) Encender los monitores continuos de emisiones (MCE) .
- 3) Cargar el asador con carbón y anotar el peso del carbón,
- 4) Encender el carbón con un soplete de propano una hora antes de las pruebas.
- 5) Anotar las lecturas de los MCE para condición momentánea.
- 6) Pesar la carne.
- 7) Iniciar los trenes de muestreo.
- 8) Colocar la carne sobre la parilla del asador.

- 9) Asar la carne - anotando los tiempos de volteo de la carne de manera que puedan ser contabilizadas las anomalías en la balanza de peso.
- 10) Cuando la carne está lista, remueva la carne cocida y repita los pasos 6 al 9 durante el tiempo total del muestras.
- 11) Apague los trenes de muestra.
- 12) Pesar el carbón y las cenizas restantes después del enfriamiento.
- 13) Raspar el residuo de la parrilla y pesarlo.

Mientras la operación de cocción estaba en progreso, la puerta del horno se dejó abierta para simular la manera en que se operan los asadores en México.

**Tabla 2-1. Resumen de las Condiciones de las Pruebas**

Número de Prueba	Fecha	Tipo de Carne	Marinado	Carbón	Control de la Emisión
MC1	09/08/98	Carne de res	Si	Mexicano	No
MC2	09/09/98	Pollo	Si	Mexicano	No
MC3	09/11/98	Carne de res	No	Mexicano	No
MC4	09/16/98	Ninguna		Local	No
MC5	09/17/98	Ninguna		Mexicano	No
MC6	09/21/98	Carne de res	Si	Local	No
MC7	09/22/98	Pollo	Si	Local	No
MC8	09/24/98	Carne de res	No	Local	No
MC9	09/29/98	Carne de res	No	Local	Si

## 2.5 Tomando Muestras de Emisiones y Procedimiento de Medición

### 2.5.1 Tomando Muestras de MP y COS

Fueron tomadas muestras de MP total y los COS utilizando el método *MM5G* de la *EPA* (método modificado *5G*). El *MM5G* es básicamente el método *5G* de la *EPA* con una trampa *XAD* añadida para atrapar el material condensable. En el procedimiento *MM5G*, las velocidades de tomar muestras fueron aproximadamente de 0.5 pies cúbicos por minuto y se basaron en el mantenimiento de una relación constante de proporcionalidad entre el flujo en el túnel de dilución y el flujo en la boquilla de tomar muestras. El frente de velocidad (*DP*) y la temperatura en la chimenea se monitorearon (en el punto de velocidad promedio determinado por la velocidad preliminar y la temperatura transversa), durante la

corrida de tomar muestras. Cuando fué necesario, el flujo se alteró para mantener una proporción constante entre el flujo en el ducto de dilución y el flujo de la muestra. No se permitió que la temperatura a la entrada del segundo filtro excediera los 32 °C.

La muestra para el *MM5G* fue recuperada regresando los filtros con pesos tarados a sus placas de Petri o envoltorios de papel de aluminio rotulados. La sonda y el equipo de vidrio para filtración fueron enjuagados tres veces con acetona que se recolectó en un vaso de precipitado limpio y tarado, y se colocó dentro de una campana de extracción para su reducción por evaporación. Los filtros y los vasos de precipitado con el enjuague reducido fueron colocados de 24 a 36 horas dentro de un desecador antes de la obtención del peso final.

Los filtros para el programa de pruebas fueron desecados y tarados. Las fracciones de muestras de cada tren del *MM5G* incluyeron:

- Los enjuagues de acetona de la sonda y las mitades de filtro
- El primer filtro
- El segundo filtro
- El módulo *XAD-2*

Aunque el método no contiene ninguna instrucción al respecto, las superficies de vidrio expuestas a la muestra entre los dos filtros fueron enjuagadas con acetona y añadidas a la botella con el primer enjuague de acetona. Cada tren del *MM5G* dió como resultado dos extractos, uno del enjuague del filtro y de la sonda y el otro del cartucho *XAD-2*. Se analizaron alícuotas de estos extractos para obtener los compuestos orgánicos cromatografiables totales (*TCO*), el análisis gravimétrico de los extractos orgánicos (*GRAV*) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (*PAH*).

Las muestras de *XAD-2* fueron retiradas y refrigeradas antes de su extracción. Los extractos de *XAD-2* fueron conservados por separado de los extractos de los filtros.

### **2.5.2 Tomando Muestras de MP<sub>10</sub> y MP<sub>2.5</sub>**

La materia particulada (MP) con diámetros aerodinámicos iguales o menores a 10 µm (MP<sub>10</sub>) y 2.5 µm (MP<sub>2.5</sub>), fué evaluada utilizando un impactor en cascada por inercia *Andersen Mark III*. Una muestra fue tomada isocinéticamente del ducto de dilución; la materia particulada con diámetros aerodinámicos por encima del tamaño apropiado fué removida en el pre-impactor y en las etapas precedentes del impactor. Las etapas del impactor con D<sub>50</sub> de 10 µm y menores, fueron recolectadas al completar la corrida de prueba y desecadas. Se determinó el peso de la materia particulada para cada etapa comparando las taras iniciales de los sustratos del impactor con los valores después de la prueba. La suma de los pesos de la etapa con D<sub>50</sub> de 10 µm y menor sería la medición de MP<sub>10</sub>. De manera similar, la suma de la etapa del impactor con

D<sub>50</sub> de 2.5 µm constituiría la medición de MP<sub>2.5</sub>. La materia particulada con diámetros aerodinámicos mayores a las 10 µm fué descartada. Las mediciones del MM5G se usaron para determinar la carga total de particulado y las emisiones condensables de particulado.

### **2.5.3 Tomando Muestras de COV**

Se tomaron muestras de los compuestos orgánicos volátiles (COV) utilizando cartuchos *SUMMA*. Se tomaron muestras de seis litros de gas del túnel de dilución durante los períodos en que la carne se estaba asando activamente. En esto se usaría un cartucho por prueba y la velocidad de tomar muestras fue determinada durante los ensayos previos a las pruebas.

### **2.5.4 Tomando Muestras de Aldehídos**

Se tomaron muestras del gas generado en el asador para obtener el nivel general de aldehídos por medio de una técnica con tubo de absorción; el método modificado *IP-6A* para aire en interiores. Entre 10 y 15 litros de gas fueron pasados a través de un cartucho de *DNPH* (dinitro-fenil-hidrazina) en Gel de Sílica marca *Waters*, a una velocidad de tomar muestras de un litro por minuto.

## **2.6 Mediciones con el Monitor Continuo de Emisiones (MCE)**

### **2.6.1 Medición de CO, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>**

El CO en la chimenea y en el ducto de dilución fue monitoreado utilizando un analizador infrarrojo no dispersivo marca *Rosemount Analytical model 880*, con rangos calibrados de 0 a 1000 ppm y de 0 a 0.5%. El CO<sub>2</sub> en la chimenea fue monitoreado con un instrumento similar, modelo 880, calibrado en el rango de 0 a 20%. El analizador del oxígeno de la chimenea fue un instrumento paramagnético *Rosemount model 755* utilizado en el rango de 0 a 25%. La muestra de gas para estos analizadores fue extraída de la corriente de la emisión a una elevación de ocho pies utilizando una sonda de acero inoxidable orientada en contra de la corriente de flujo del gas. Se utilizó un filtro de fibra de vidrio montado en la plataforma de muestreo para remover el material particulado. Los instrumentos fueron revisados en cuanto a fugas y calibrados de acuerdo al método 3A<sup>8</sup> para el O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub>, y el método 10<sup>9</sup> para el CO, ambos de la *EPA*. Diariamente se realizó una doble calibración, a cero y con patrón de calibración. Al final de cada día se realizó una verificación de la variación de la calibración de estos dos puntos. La revisión de la respuesta del sistema de muestreo se llevó a cabo como se especifica en el método 6C<sup>10</sup> de la *EPA* introduciendo gases de calibración en la válvula de calibración instalada a la salida de la sonda de muestras.

### **2.6.2 Analizador de NO<sub>x</sub>**

Para este proyecto se utilizó un analizador por quimioluminiscencia conteniendo un convertidor de NO<sub>2</sub> a NO. El instrumento y el sistema de muestreo fueron revisados en cuanto a fugas y calibrados de acuerdo al método 7E<sup>11</sup> de la EPA. Diariamente se calibró a tres puntos, a cero y con patrones de calibración. Al final de cada día se realizó una verificación de la variación de la calibración de estos puntos. La revisión de la respuesta del sistema de muestreo se llevó a cabo semanalmente tal como se especifica en el método 6C de la EPA introduciendo gases de calibración a la salida de la sonda de tomar muestras.

### **2.6.3 Medición de Hidrocarburos Totales HCT**

Los hidrocarburos totales (HCT) fueron medidos por medio de un analizador con detector por ionización de flama. La línea de muestreo fué calentada y conservada a una temperatura de 200°C. Los procedimientos de medición y calibración fueron realizados de acuerdo al método 25A<sup>12</sup> de la EPA. Diariamente se realizó la calibración utilizando dos puntos, así como las variaciones de calibración y semanalmente, se revisó la respuesta del sistema de tomar muestras tal como se especifica en el método 6C de la EPA.

### **2.6.4 Analizador de SO<sub>2</sub>**

Para medir la concentración de SO<sub>2</sub> en la chimenea se utilizó un analizador fotométrico marca *Dupont model 400*. El principio básico de operación de este tipo de analizador implica la cuantificación del decaimiento o absorción de la luz por el material de la muestra, a una longitud de onda específica. El SO<sub>2</sub>, incoloro a la luz visible, es fuertemente absorbente en la región de la luz ultravioleta (de 300 nm de longitud de onda). La radiación proveniente de una fuente de luz en el analizador, pasa a través de la muestra (en este caso, el gas de la emisión), en donde algo de ésta es absorbida. La luz transmitida a través de la muestra es dividida en dos rayos por un espejo transparente. Enseguida, cada rayo pasa a través de su propio filtro, lo que permite que solamente una longitud de onda en particular alcance un fototubo al cual está asociado. Un filtro óptico en el otro rayo de luz, permite únicamente el paso de la radiación con la longitud de onda de referencia, de manera que la intensidad de la luz que alcanza al fototubo de referencia que la mide varía relativamente poco con un cambio de concentración. Un procesamiento electrónico de la señal, transforma la energía luminosa que llega a los detectores en un voltaje directamente proporcional a la concentración del SO<sub>2</sub> en la muestra de la corriente que está siendo analizada.

## 2.7 Procedimientos Analíticos

### 2.7.1 Análisis de COS

Las muestras de los filtros y los enjuagues de las sondas fueron pesadas de acuerdo a los procedimientos del método 5. Enseguida fueron extraídas y se condujo un análisis de los compuestos orgánicos cromatografiables totales y de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (*PAH*), y un análisis gravimétrico de los extractos orgánicos (*GRAV*), tal como está descrito en la Guía para Orgánicos Totales de la *EPA*. Los compuestos orgánicos con puntos de ebullición mayores a los 300°C fueron determinados utilizando el método *GRAV*. El método para los compuestos orgánicos cromatografiables totales está basado en la separación de los componentes de una mezcla de gases o líquidos en una columna de cromatografía de gases y la medición de los componentes separados por medio de un detector apropiado. El método proporciona datos semi-cuantitativos para los compuestos orgánicos con puntos de ebullición entre los 100 y los 300°C. El límite superior de aplicabilidad está condicionado por la sobrecarga de la columna y la saturación del detector. El rango típico es de 1 a 20 mg/ml. Los extractos fueron analizados para obtener el contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos por el método 8270B de la *EPA* para residuos tóxicos *SW-846* <sup>14</sup>.

### 2.7.2 Análisis de COV

Los cartuchos *SUMMA* fueron analizados de acuerdo al *SW-846* método 8260B <sup>15</sup>. para residuos tóxicos utilizando un concentrador de purga y trampa, el cual es cargado al extraer una muestra desde el cartucho hasta la trampa con adsorbente. Las muestras de campo en blanco se obtuvieron llenando un cartucho con nitrógeno grado cero o aire. La identificación de los compuestos fue hecha en base a los tiempos de retención y a la concordancia entre los espectros de masa de la sustancia desconocida y los espectros de masa de estándares conocidos. Antes del análisis los grupos de *analytes* (compuestos orgánicos volátiles para calibrar el análisis) de interés previamente determinados, se llevó a cabo para establecer los factores de respuesta. Entonces, la cuantificación se basó en un método estándar interno, usando estos factores de respuesta y los factores integrados para cada compuesto identificado.

### 2.7.3 Análisis de Aldehídos

Los cartuchos de *DNPH-Gel* de Sílica fueron analizados por el método *IP6A*. A partir del análisis por cromatografía líquida de alto rendimiento (*HPLC*), se identificaron y cuantificaron formaldehído, acetaldehído, propanal, benzaldehído, pentanal y hexanal.

### 3.0 RESULTADOS

Las siguientes secciones describen los resultados de la determinación de compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos semivolátiles, aldehídos, NO, CO, hidrocarburos totales, materia particulada total y distribución del tamaño de las partículas (MP<sub>10</sub> y MP<sub>2.5</sub>). Los resultados están resumidos y tabulados como emisiones en base al tiempo total de cocción, emisiones por unidad de peso de carne y carbón utilizados y emisiones por unidad de peso de carne asada.

En los apéndices se pueden encontrar otros resultados utilizados en los cálculos de los valores de emisiones u otros relacionados con las pruebas realizadas. El apéndice C es un resumen tabulado de los pesos del carbón y de la carne junto con el peso del residuo raspado del asador después de la prueba. El apéndice D resume las temperaturas promedio en varios puntos del asador, de la chimenea y del túnel de dilución, con la temperatura ambiente y los valores promedio de MCE los para la duración total de la prueba cuando el carbón estaba encendido. El apéndice E resume las mediciones de la temperatura promedio y los valores de los monitores continuos de emisión durante el período en que la carne era asada. El apéndice F tabula los detalles de las distribuciones del tamaño de partículas. Los datos obtenidos de los monitores continuos de emisión para las concentraciones de CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO, hidrocarburos totales y SO<sub>2</sub> durante la corrida de prueba, el historial de tiempo-temperatura y el historial de tiempo-peso de todas las nueve corridas de prueba están incluidos en el apéndice G.

Los datos de las emisiones de SO<sub>2</sub> no están incluidos en el resumen de resultados, debido a que posiblemente hubo algún defecto en el funcionamiento del analizador durante las pruebas. Los registros de la concentración de SO<sub>2</sub> durante las corridas de prueba (Apéndice G), indicaron que el nivel de SO<sub>2</sub> fluctuó a lo largo de las corridas de prueba, independientemente de eventos de cocción muy importantes, tales como el encendido del carbón y la cocción de la carne. A menos que el carbón y la carne hubieran estado totalmente libres de compuestos de azufre, la ausencia de cambios en la concentración de SO<sub>2</sub> durante la corrida de prueba indicó que el instrumento de medición estaba averiado o sin respuesta.

La determinación de SO<sub>2</sub> fue considerada inicialmente para este estudio, debido a que el SO<sub>2</sub> es uno de los contaminantes importantes provenientes de cualquier sistema que implique la combustión de un combustible que contenga azufre. Sin embargo, la cantidad de azufre contenida en la carne o en el carbón de leña natural usado en Mexicali, es relativamente pequeña, en comparación con el carbón mineral o el aceite combustible.

### 3.1 Resultados de los COV

Los resultados del análisis de los compuestos orgánicos volátiles se resumen en el apéndice H. Solamente algunos compuestos de interés fueron detectados. Los compuestos más prevalentes fueron el benceno, el tolueno y el estireno. La tabla 3-1 resume las emisiones de los compuestos de interés encontrados en el análisis de los compuestos orgánicos volátiles en base al tiempo total de cocción por asador, por unidad de peso de carne asada más carbón consumido y por unidad de carne asada.

Las emisiones totales de los COV de interés detectados por unidad de peso de carne y carbón quemado (gramos de compuestos orgánicos volátiles / kg de carne más carbón), para cada corrida de prueba se trazaron en función de las variables de prueba utilizadas. Las variables de prueba fueron las siguientes: pruebas en blanco en las que no se asó carne alguna, la presencia de un dispositivo de control, carne de res o pollo con o sin marinar.

La figura 3-1 ilustra los efectos de asar carne en la emisión de COV totales sin dispositivo de control y con una malla de control. Comparando los COV provenientes únicamente de la quema de carbón y los de la cocción de la carne sin dispositivo de control, resulta evidente que el acto de asar carne emitió la mayoría de los COV. El simple dispositivo de control colocado sobre el asador pareció ser muy efectivo para reducir la emisión de COV (MC9), pero el resultado no es concluyente porque solamente se realizó una sola prueba con esa malla. En algunos casos, el dispositivo de control redujo la concentración de COV a la mitad y en otros casos a una cuarta parte de la concentración obtenida en la cocción sin el uso de un dispositivo de control.

No hubo diferencias significativas en las emisiones de COV entre el pollo y la carne de res, tal como se ilustra en la figura 3-2. Cuando la carne es marinada, las emisiones de COV aumentan considerablemente en comparación a las de la carne sin marinar (véase la figura 3-3). El incremento en las emisiones de COV puede ser atribuido a algunos de los ingredientes utilizados en el marinado tales como el ajo, el cilantro, el jugo de limón y/o el aceite de oliva.

**Tabla 3-1. Resumen de los Resultados de los COV (Compuestos de Interés)**

**Razón de Emisión (g/hr)**

gramos/hora									
Compuesto de Interés	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
diclorometano	0.022	ND	ND	0.021	0.032	ND	0.041	0.043	0.053
1,2-dicloroetano	0.035	0.033	0.058	ND	0.008	0.040	0.050	0.035	0.071
benceno	1.176	1.235	1.054	0.166	0.294	1.422	1.735	1.318	0.543
tolueno	0.414	0.541	0.446	0.018	0.085	0.545	0.620	0.471	0.185
etilbenceno	0.079	0.099	0.069	ND	0.009	0.120	0.138	0.090	0.047
m,p-xileno	0.063	0.080	0.072	0.014	0.025	0.064	0.072	0.060	0.090
o-xileno	0.053	0.074	0.060	ND	0.009	0.105	0.117	0.080	0.141
estireno	0.491	0.322	0.412	0.034	0.024	0.645	0.833	0.501	0.028

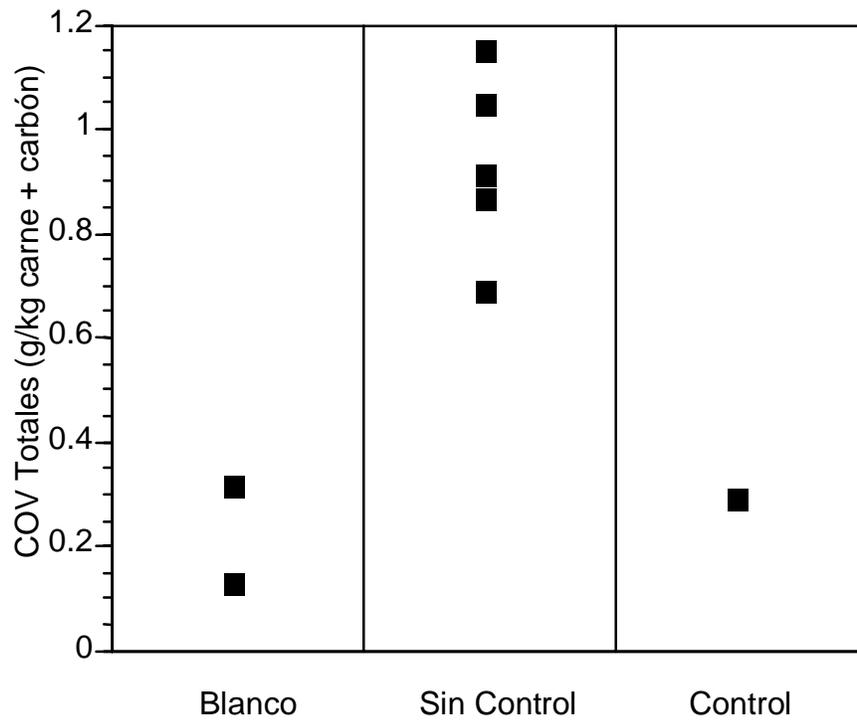
**Emisiones Estimadas (g/kg de carne + carbón)**

gramos/kg de carne y carbón									
Compuesto de Interés	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
diclorometano	0.011	ND	ND	0.009	0.020	ND	0.012	0.011	0.013
1,2-dicloroetano	0.017	0.016	0.023	ND	0.005	0.012	0.014	0.009	0.017
benceno	0.576	0.589	0.415	0.076	0.185	0.437	0.499	0.343	0.131
tolueno	0.203	0.258	0.175	0.008	0.053	0.167	0.178	0.122	0.045
etilbenceno	0.038	0.047	0.027	ND	0.005	0.037	0.040	0.023	0.011
m,p-xileno	0.031	0.038	0.028	0.006	0.016	0.020	0.021	0.016	0.022
o-xileno	0.026	0.035	0.023	ND	0.006	0.032	0.034	0.021	0.034
estireno	0.241	0.153	0.162	0.016	0.015	0.198	0.240	0.130	0.007

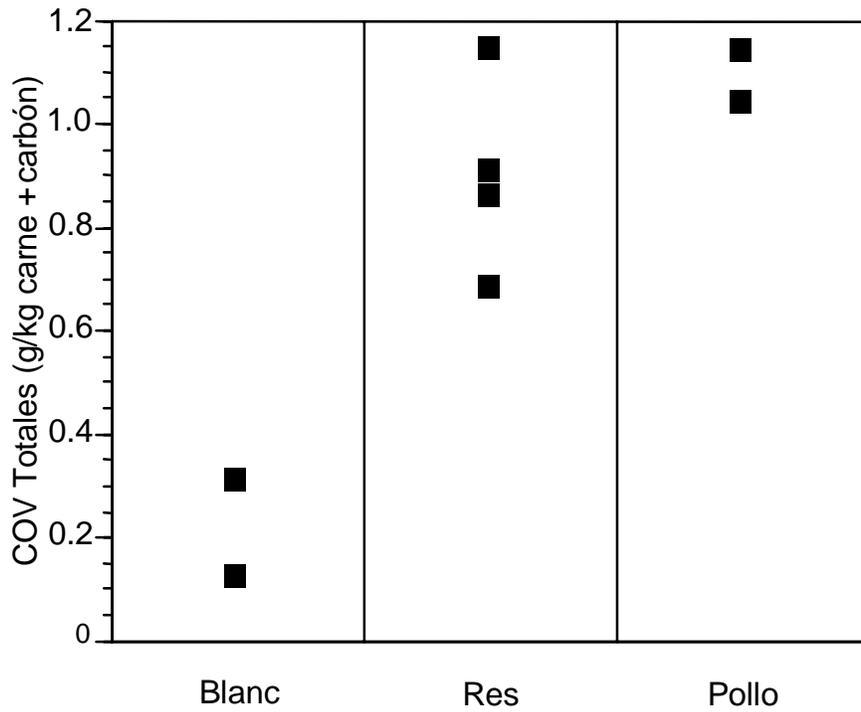
**Emisiones Estimadas (g/kg)/carne únicamente**

gramos/kg de carne únicamente									
Compuesto de Interés	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
diclorometano	0.010	ND	ND	NA	NA	ND	0.012	0.012	0.015
1,2-dicloroetano	0.016	0.013	0.023	NA	NA	0.013	0.015	0.010	0.020
benceno	0.531	0.478	0.414	NA	NA	0.472	0.530	0.369	0.152
tolueno	0.187	0.209	0.175	NA	NA	0.181	0.190	0.132	0.052
etilbenceno	0.035	0.038	0.027	NA	NA	0.040	0.042	0.025	0.013
m,p-xileno	0.029	0.031	0.028	NA	NA	0.021	0.022	0.017	0.025
o-xileno	0.024	0.029	0.023	NA	NA	0.035	0.036	0.022	0.040
estireno	0.222	0.124	0.162	NA	NA	0.214	0.255	0.140	0.008

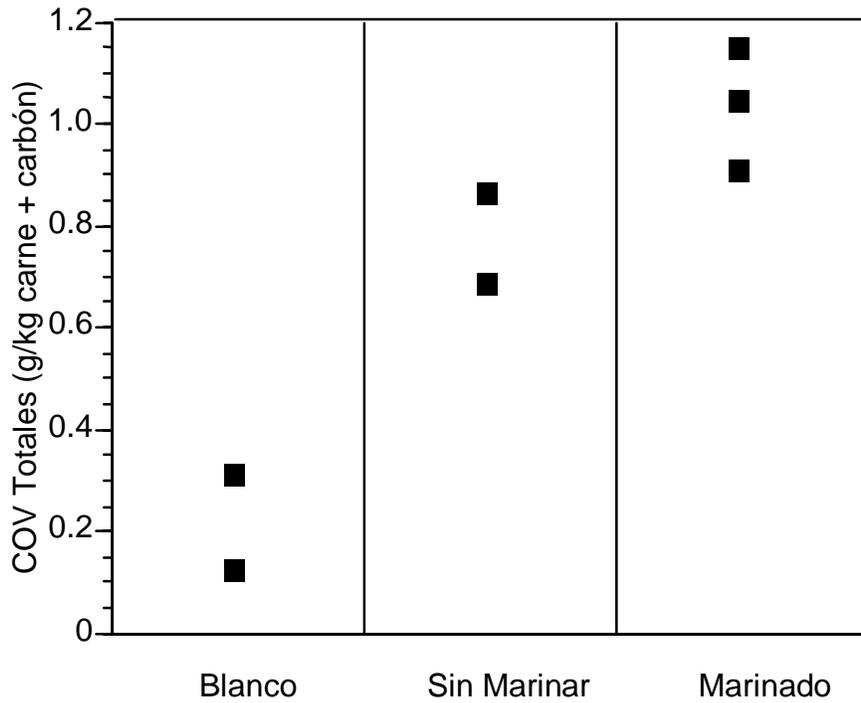
Figura 3-1. Efecto del Dispositivo de Control en las Emisiones de COV Totales



**Figura 3-2. Efecto del Tipo de Carne en las Emisiones de COV Totales**



**Figura 3-3. Efecto del Marinado en las Emisiones de COV Totales**



### 3.2 Resultados de los COS

Los resultados del análisis de los compuestos orgánicos semivolátiles de los filtros y cartuchos XAD se resumen en el apéndice I. La tabla 3-2 (a-c) resume las emisiones estimadas de los compuestos de interés encontrados en el análisis de los COS provenientes de los filtros, en base al tiempo total de cocción por asador al carbón, por unidad de peso de carne asada más carbón consumido y por unidad de carne asada. De manera similar, la tabla 3-3 (a-c) resume las emisiones estimadas de los compuestos de interés encontrados en el análisis de los COS provenientes de los cartuchos XAD en base al tiempo total de cocción por asador, por unidad de peso de carne asada y carbón consumido y por peso de carne asada.

Las emisiones de COS totales (filtros y XAD), de los compuestos de interés detectados por unidad de peso de carne y carbón quemado (gramos COS totales / kg de carne más carbón), para cada corrida de prueba, se trazaron en función de las variables de prueba utilizadas. Estas variables de prueba fueron: pruebas en blanco en las que no se asó carne alguna, la presencia del dispositivo de control y la carne de res o de pollo con o sin marinar.

Tal como se ilustra en la figura 3-4, no hubo emisiones detectables de compuestos orgánicos semivolátiles cuando se quemó únicamente carbón (blancos). Cuando se asó carne de res o pollo, se emitieron cantidades detectables de COS. Sin embargo, no se detectaron COS con el dispositivo de control colocado mientras se asaba la carne. Esto pudiera indicar que el dispositivo de control es muy efectivo para eliminar los COS mientras se asa la carne; sin embargo, se requieren más pruebas para confirmar este hallazgo.

En la figura 3-5 se comparan las emisiones de COS provenientes de la cocción de pollo y de carne de res. Sugiere que la cocción del pollo emite ligeramente más compuestos orgánicos semivolátiles que la cocción de la carne de res, pero son necesarias más pruebas para sustanciar esta conclusión. De manera similar, hubo indicaciones de que la cocción de carne marinada pudiera incrementar las emisiones de compuestos orgánicos semivolátiles (véase la figura 3-6), pero este hallazgo no es concluyente sin pruebas adicionales.

**Tabla 3-2. COS de las Emisiones de los Filtros en base a: Tiempo de Cocción (a), Peso de la Carne más el Carbón (b), el Peso de la Carne (c)**

**(a) Razón de Emisión (g/hr)**

Compuestos de Interés	gramos / hora								
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
fenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
alcohol benzílico	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,4-diclorobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-metilfenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
acetofenona	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
metilfenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
naftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-metilnaftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
acenaftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
dibenzofuran	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
fluoreno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
fenantreno	2.67E-03	4.41E-03	2.21E-03	ND	ND	4.56E-03	5.67E-03	2.99E-03	ND
fluoranteno	1.34E-03	2.20E-03	1.66E-03	ND	ND	1.43E-03	1.89E-03	ND	ND
pirene	1.56E-03	1.65E-03	1.66E-03	ND	ND	ND	1.18E-03	ND	ND
dietilftalato	ND	1.43E-02	9.67E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
di-n-butilftalato	ND	1.65E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
butilftalato de benzeno	ND	1.65E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

**(b) Emisiones Estimadas (g/kg) / carne + carbón**

Compuestos de Interés	g/kg de carne y carbón								
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
fenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
alcohol benzílico	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,4-diclorobenceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-metilfenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
acetofenona	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
metilfenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
naftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-metilnaftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
acenaftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
dibenzofuran	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
fluoreno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
fenantreno	1.31E-03	2.10E-03	8.69E-04	ND	ND	1.40E-03	1.63E-03	7.78E-04	ND
fluoranteno	6.54E-04	1.05E-03	6.52E-04	ND	ND	4.38E-04	5.44E-04	ND	ND
pirene	7.64E-04	7.88E-04	6.52E-04	ND	ND	ND	3.40E-04	ND	ND
dietilftalato	ND	6.83E-03	3.80E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
di-n-butilftalato	ND	7.88E-04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
butilftalato de benzeno	ND	7.88E-04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

**(c) Emisiones Estimadas (g/kg) / carne únicamente**

Compuestos de Interés	g/kg de carne								
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
fenol	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
alcohol benzílico	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
1,4-diclorobenceno	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
2-metilfenol	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
acetofenona	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
metilfenol	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
naftaleno	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
2-metilnaftaleno	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
acenaftaleno	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
dibenzofuran	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
fluoreno	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
fenantreno	1.21E-03	1.70E-03	8.68E-04	NA	NA	1.51E-03	1.73E-03	8.38E-04	ND
fluoranteno	6.04E-04	8.52E-04	6.51E-04	NA	NA	4.73E-04	5.78E-04	ND	ND
pireno	7.04E-04	6.39E-04	6.51E-04	NA	NA	ND	3.61E-04	ND	ND
dietilftalato	ND	5.54E-03	3.80E-03	NA	NA	ND	ND	ND	ND
di-n-butilftalato	ND	6.39E-04	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
butilftalato de benceno	ND	6.39E-04	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND

**Tabla 3-3. COS de las Emisiones de XAD basándose en el Tiempo de Cocción (a), el Peso de la Carne más el Carbón (b), y el Peso de la Carne (c)**

**(a) Razón de Emisión (g/hr)**

Compuestos de Interés	Gramos/hora								
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
fenol	5.12E-02	6.61E-02	4.14E-02	1.69E-01	2.01E-02	5.42E-02	6.38E-02	5.65E-02	2.18E-01
alcohol benzílico	ND	ND	1.66E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,4-diclorobenceno	ND	ND	ND	ND	2.29E-03	ND	ND	ND	ND
2-metilfenol	3.34E-03	4.41E-03	2.76E-03	ND	ND	3.14E-03	5.44E-03	2.66E-03	ND
acetofenona	9.35E-03	9.36E-03	7.18E-03	2.59E-02	ND	3.71E-03	4.02E-03	2.99E-03	1.54E-03
4-metilfenol	5.79E-03	1.21E-02	4.97E-03	ND	2.03E-03	5.13E-03	7.09E-03	5.65E-03	1.54E-03
naftaleno	5.79E-02	6.06E-02	5.25E-02	4.41E-02	1.37E-02	7.41E-02	7.33E-02	7.98E-02	2.80E-02
2-metilnaftaleno	1.29E-02	1.57E-02	1.19E-02	ND	1.78E-03	1.11E-02	1.28E-02	8.31E-03	2.77E-03
acenaftileno	3.56E-03	4.41E-03	3.04E-03	ND	ND	3.71E-03	4.73E-03	3.99E-03	ND
dibenzofuran	7.13E-03	7.44E-03	6.35E-03	2.33E-02	4.07E-03	5.70E-03	5.67E-03	3.99E-03	2.46E-03
fluoreno	1.34E-03	1.65E-03	ND	ND	ND	2.28E-03	3.31E-03	ND	ND
fenantreno	4.45E-03	4.68E-03	4.70E-03	ND	2.80E-03	4.85E-03	6.15E-03	2.66E-03	2.15E-03
2-nitrofenol	8.91E-03	2.04E-02	1.02E-02	1.82E-02	3.30E-03	2.28E-03	ND	ND	ND
4-nitrofenol	ND	1.71E-02	ND	ND	1.78E-03	ND	ND	ND	ND
dietilftalato	ND	2.04E-02	ND	ND	ND	ND	ND	3.06E-02	ND
di-n-butilftalato	ND	3.31E-03	1.66E-03	ND	ND	ND	ND	4.99E-03	ND
n-nitrosodi-n-butilamina	ND	ND	2.49E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-naftilamina	ND	ND	2.76E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ftalato de dietilo	ND	ND	1.38E-02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metanosulfonato de metilo	ND	ND	ND	ND	ND	4.56E-03	ND	ND	ND
4-cloroanilina	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.26E-02

**(b) Emisiones Estimadas (g/kg) / carne + carbón**

Compuestos de Interés	gramos/kg de carne y carbón								
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
fenol	2.51E-02	3.15E-02	1.63E-02	7.66E-02	1.27E-02	1.66E-02	1.84E-02	1.47E-02	5.26E-02
alcohol benzílico	ND	ND	6.52E-04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,4-diclorobenceno	ND	ND	ND	ND	1.44E-03	ND	ND	ND	ND
2-metilfenol	1.64E-03	2.10E-03	1.09E-03	ND	ND	9.63E-04	1.56E-03	6.92E-04	ND
acetofenona	4.58E-03	4.46E-03	2.83E-03	1.18E-02	ND	1.14E-03	1.16E-03	7.78E-04	3.70E-04
4-metilfenol	2.84E-03	5.78E-03	1.96E-03	ND	1.28E-03	1.58E-03	2.04E-03	1.47E-03	3.70E-04
naftaleno	2.84E-02	2.89E-02	2.06E-02	2.00E-02	8.65E-03	2.28E-02	2.11E-02	2.08E-02	6.74E-03
2-metilnaftaleno	6.33E-03	7.48E-03	4.67E-03	ND	1.12E-03	3.41E-03	3.67E-03	2.16E-03	6.67E-04
acenaftileno	1.75E-03	2.10E-03	1.20E-03	ND	ND	1.14E-03	1.36E-03	1.04E-03	ND
dibenzofuran	3.49E-03	3.55E-03	2.50E-03	1.06E-02	2.56E-03	1.75E-03	1.63E-03	1.04E-03	5.93E-04
fluoreno	6.54E-04	7.88E-04	ND	ND	ND	7.00E-04	9.52E-04	ND	ND
fenantreno	2.18E-03	2.23E-03	1.85E-03	ND	1.76E-03	1.49E-03	1.77E-03	6.92E-04	5.19E-04
2-nitrofenol	4.36E-03	9.72E-03	4.02E-03	8.25E-03	2.08E-03	7.00E-04	ND	ND	ND
4-nitrofenol	ND	8.14E-03	ND	ND	1.12E-03	ND	ND	ND	ND
dietilftalato	ND	9.72E-03	ND	ND	ND	ND	ND	7.96E-03	ND
di-n-butilftalato	ND	1.58E-03	6.52E-04	ND	ND	ND	ND	1.30E-03	ND
n-nitrosodi-n-butilamina	ND	ND	9.78E-04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-naftilamina	ND	ND	1.09E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ftalato de dietilo	ND	ND	5.43E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metanosulfonato de metilo	ND	ND	ND	ND	ND	1.40E-03	ND	ND	ND
4-cloroanilina	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.04E-03

**(c) Emisiones Estimadas (g/kg) / carne únicamente**

Compuestos de Interés	gramos/kg de carne								
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
Fenol	2.31E-02	2.56E-02	1.63E-02	NA	NA	1.80E-02	1.95E-02	1.58E-02	6.12E-02
alcohol benzílico	ND	ND	6.51E-04	NA	NA	ND	ND	ND	ND
1,4-diclorobenceno	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
2-metilfenol	1.51E-03	1.70E-03	1.09E-03	NA	NA	1.04E-03	1.66E-03	7.45E-04	ND
Acetofenona	4.23E-03	3.62E-03	2.82E-03	NA	NA	1.23E-03	1.23E-03	8.38E-04	4.31E-04
4-metilfenol	2.62E-03	4.69E-03	1.95E-03	NA	NA	1.70E-03	2.17E-03	1.58E-03	4.31E-04
Naftaleno	2.62E-02	2.34E-02	2.06E-02	NA	NA	2.46E-02	2.24E-02	2.24E-02	7.84E-03
2-metilnaftaleno	5.84E-03	6.07E-03	4.67E-03	NA	NA	3.69E-03	3.90E-03	2.33E-03	7.76E-04
Acenaftileno	1.61E-03	1.70E-03	1.19E-03	NA	NA	1.23E-03	1.44E-03	1.12E-03	ND
Dibenzofuran	3.22E-03	2.88E-03	2.50E-03	NA	NA	1.89E-03	1.73E-03	1.12E-03	6.89E-04
Fluoreno	6.04E-04	6.39E-04	ND	NA	NA	7.57E-04	1.01E-03	ND	ND
Fenantreno	2.01E-03	1.81E-03	1.84E-03	NA	NA	1.61E-03	1.88E-03	7.45E-04	6.03E-04
2-nitrofenol	4.03E-03	7.88E-03	4.02E-03	NA	NA	7.57E-04	ND	ND	ND
4-nitrofenol	ND	6.60E-03	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND
Dietilftalato	ND	7.88E-03	ND	NA	NA	ND	ND	8.57E-03	ND
di-n-butylftalato	ND	1.28E-03	6.51E-04	NA	NA	ND	ND	1.40E-03	ND
n-nitrosodi-n-butylamina	ND	ND	9.77E-04	NA	NA	ND	ND	ND	ND
2-naftilamina	ND	ND	1.09E-03	NA	NA	ND	ND	ND	ND
Dietilftalato	ND	ND	5.43E-03	NA	NA	ND	ND	ND	ND
Metanosulfonato de metilo	ND	ND	ND	NA	NA	1.51E-03	ND	ND	ND
4-cloroanilina	ND	ND	ND	NA	NA	ND	ND	ND	3.53E-03

Figure 3-4. Efecto del Dispositivo de Control sobre las Emisiones de COS Totales

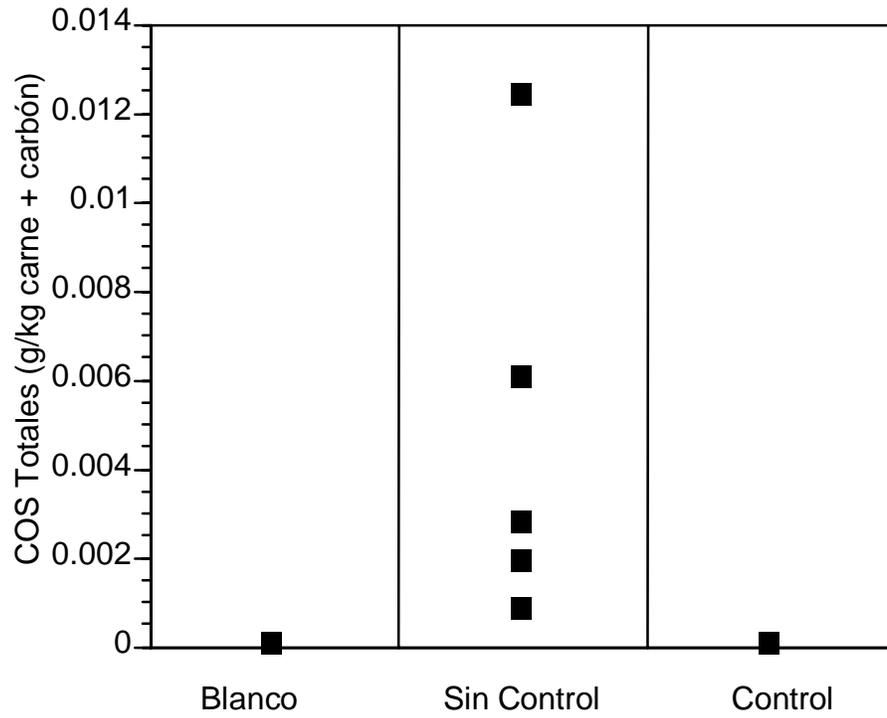


Figure 3-5. Efecto de los Tipos de Carne sobre las Emisiones de COS Totales

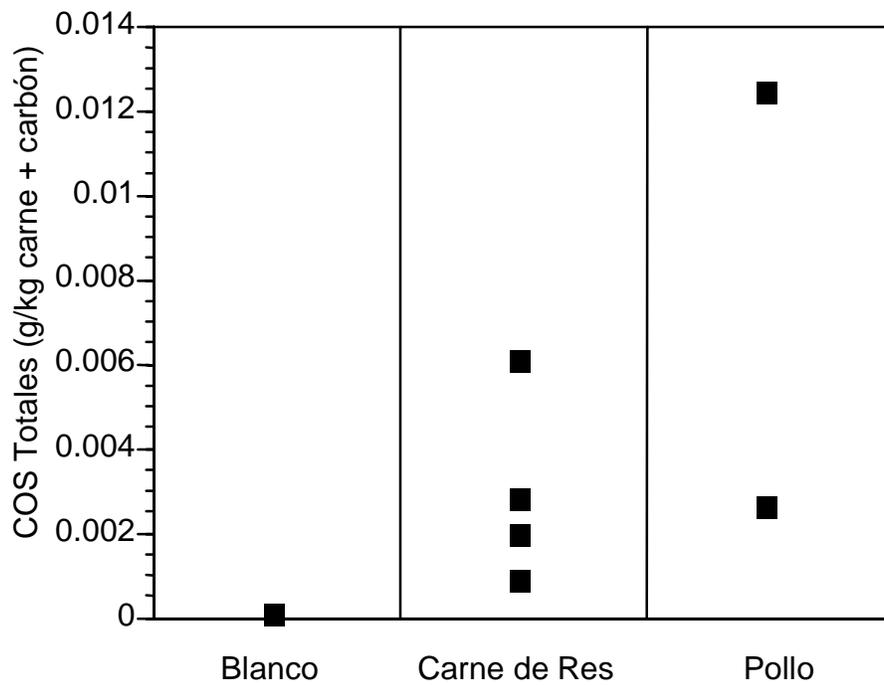
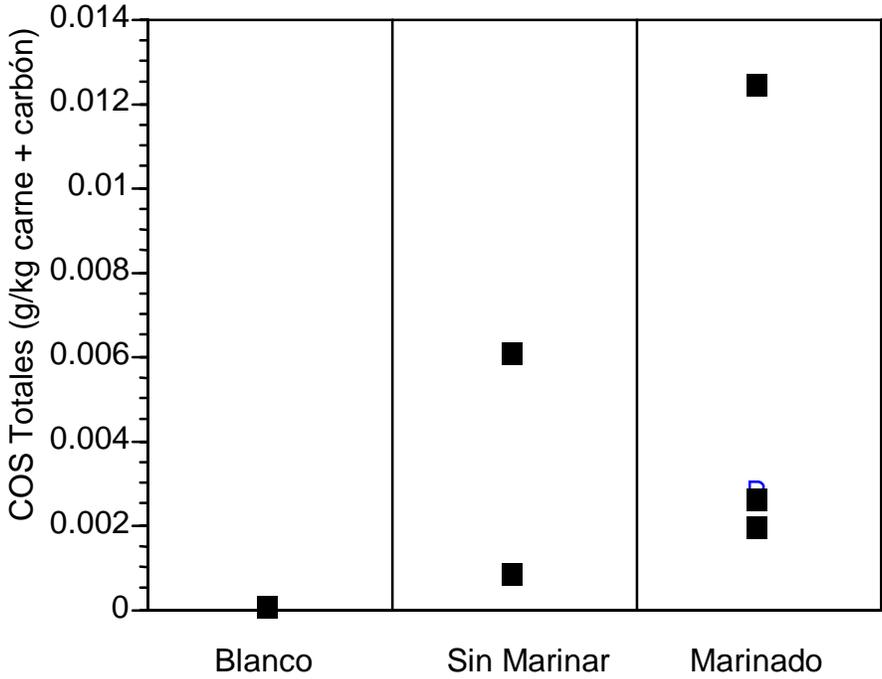


Figure 3-6. Efecto del Marinado sobre las Emisiones de COS Totales



### **3.3 Resultados de los Aldehídos**

Los resultados del análisis de aldehídos se presentan en la tabla 3-4. Los valores obtenidos para las emisiones de aldehídos por hora por asador, por peso de carne y carbón, y por peso de carne asada se resumen en esta tabla.

En las figuras 3-7, 3-8 y 3-9, se comparan las emisiones de aldehídos totales por unidad de peso de carne más carbón consumido en las diferentes corridas de prueba, respectivamente. La figura 3-7 ilustra el efecto de la cocción de la carne sin control de emisiones y el efecto de una malla de control sobre las emisiones de aldehídos totales. La mayoría de las emisiones de aldehídos resultaron por la cocción de la carne y no por la combustión del carbón. La malla de control removió la mayoría de los aldehídos emitidos por la cocción de la carne; sin embargo, debe enfatizarse que este dato está basado en una sola corrida y que se requieren más pruebas para verificarlo.

En la figura 3-8 se comparan las emisiones de aldehídos de la cocción de carne de res y pollo. No se observaron diferencias significativas entre las pruebas con carne de res y con pollo. Sin embargo, tal como se ilustra en la figura 3-9, hubo un efecto mensurable del marinado sobre las emisiones de aldehídos totales. El incremento en las emisiones de aldehídos probablemente se debió a algunos de los ingredientes usados en la mezcla para marinar, tales como el jugo de limón o el aceite de oliva.

**Tabla 3-4. Emisiones de Aldehídos**

**(a) Razón de Emisión (g/hr)**

Número de Prueba	Formaldehído	Acetaldehído	Propanal	Benzaldehído	Pentanal	Hexanal
Prueba MC1	1.19	0.79	0.19	0.08	0.18	0.17
Prueba MC2	0.83	0.74	0.18	0.08	0.16	0.17
Prueba MC3	0.79	0.69	0.18	0.06	0.14	0.12
Prueba MC4	0.24	0.06	BDL	0.02	0.02	0.02
Prueba MC5	0.31	0.03	BDL	BDL	BDL	BDL
Prueba MC6	1.55	0.91	0.25	0.06	0.22	0.18
Prueba MC7	1.52	0.91	0.26	0.07	0.24	0.27
Prueba MC8	1.30	0.83	0.23	0.05	0.21	0.19
Prueba MC9	0.88	0.48	0.13	0.04	0.14	0.11

BDL = Por Debajo de los Límites Detectables; N/A = No es Aplicable

**(b) Emisiones Estimadas (g/kg) de la Masa Quemada**

Número de Prueba	Formaldehído	Acetaldehído	Propanal	Benzaldehído	Pentanal	Hexanal
Prueba MC1	0.581	0.386	0.092	0.037	0.086	0.081
Prueba MC2	0.395	0.354	0.087	0.037	0.074	0.083
Prueba MC3	0.309	0.270	0.071	0.023	0.056	0.048
Prueba MC4	0.111	0.026	BDL	0.009	0.010	0.007
Prueba MC5	0.197	0.021	BDL	BDL	BDL	BDL
Prueba MC6	0.477	0.279	0.077	0.018	0.068	0.056
Prueba MC7	0.438	0.261	0.076	0.021	0.069	0.079
Prueba MC8	0.339	0.217	0.059	0.014	0.055	0.049
Prueba MC9	0.213	0.114	0.031	0.011	0.034	0.026

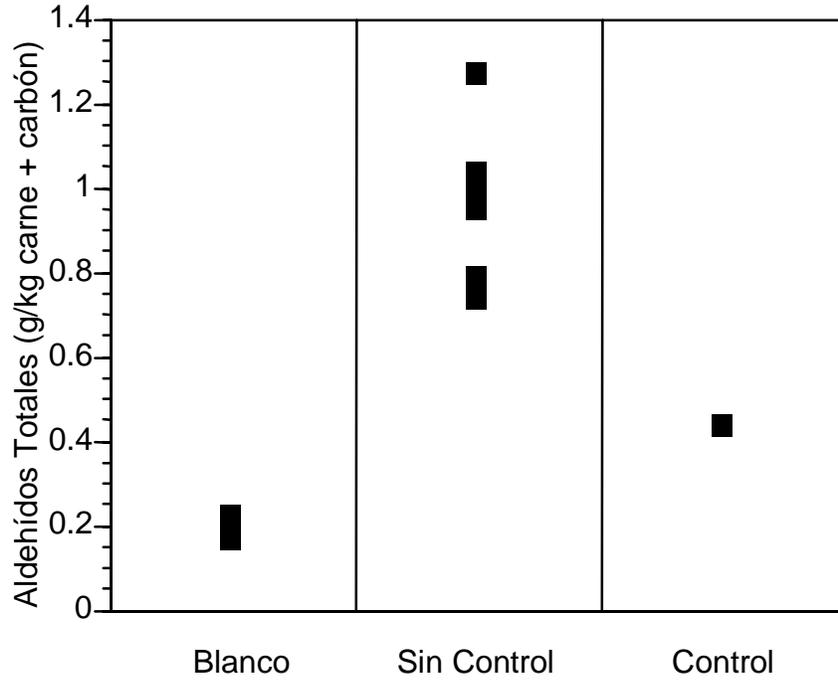
BDL = Por Debajo de los Límites Detectables; N/A = No es Aplicable

**(c) Emisiones Estimadas (g/kg) de la Carne Cocinada**

Número de Prueba	Formaldehído	Acetaldehído	Propanal	Benzaldehído	Pentanal	Hexanal
Prueba MC1	0.536	0.356	0.085	0.034	0.080	0.075
Prueba MC2	0.320	0.287	0.070	0.030	0.060	0.067
Prueba MC3	0.309	0.269	0.071	0.023	0.056	0.048
Prueba MC4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Prueba MC5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Prueba MC6	0.516	0.302	0.083	0.019	0.073	0.061
Prueba MC7	0.466	0.277	0.081	0.022	0.073	0.084
Prueba MC8	0.365	0.233	0.064	0.015	0.060	0.053
Prueba MC9	0.247	0.133	0.036	0.012	0.039	0.030

BDL = Por Debajo de los Límites Detectables; N/A = No es Aplicable

**Figura 3-7. Efectos del Dispositivo de Control sobre la Emisiones Totales de Aldehídos**



**Figura 3-8. Efectos de los Tipos de Carne sobre las Emisiones Totales de Aldehídos**

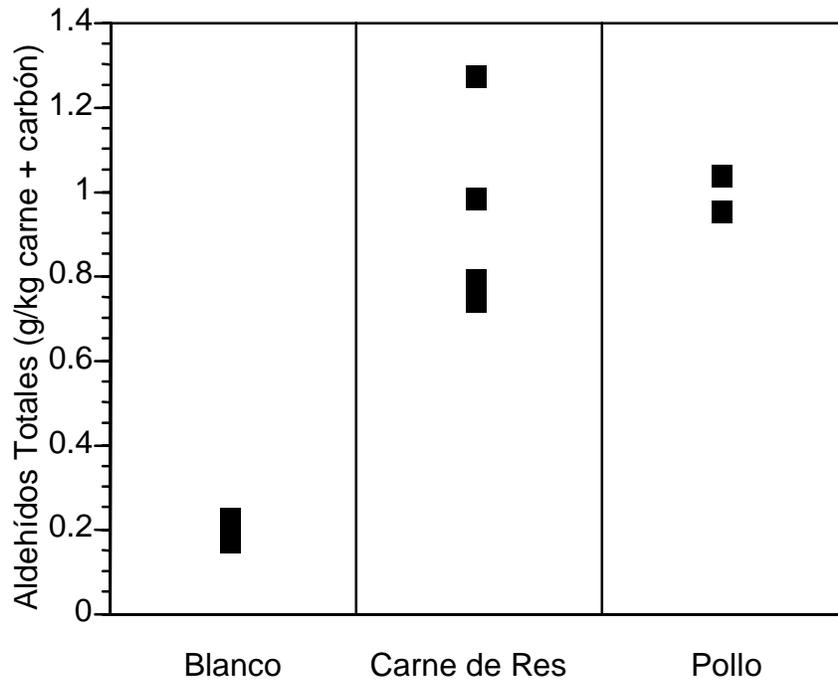
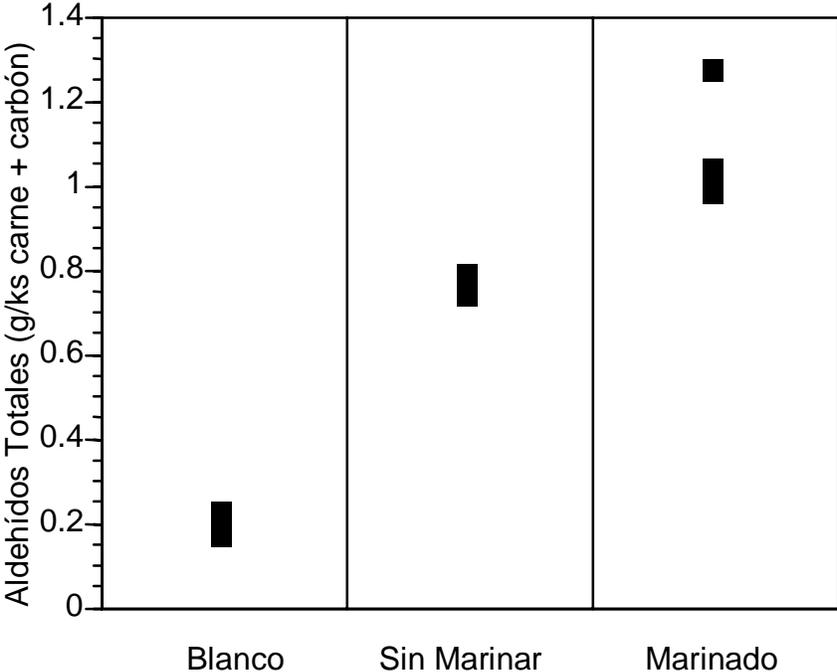


Figura 3-9. Efecto del Marinado sobre las Emisiones Totales de Aldehídos



### 3.4 MP Total, CO, NO y HCT

La cantidad de emisiones de MP totales, medidas durante la cocción se enlistan en la tabla 3-5. Similarmente, las emisiones de CO, NO e HCT se enumeran en las tablas 3-6, 3-7 y 3-8, respectivamente. Las emisiones totales fueron re-calculadas por unidad de carne asada, así como por unidad de carne asada más carbón consumido, tal como en los cálculos anteriores.

En la figura 3-10 se comparan las emisiones de CO de las corridas con carbón únicamente (blancos), contra las corridas de cocción de carne con o sin el dispositivo de control. Es evidente que prácticamente todas las emisiones de CO provienen de la combustión del carbón y no de la cocción de la carne. El tipo de carne o de marinado no tuvieron efecto alguno en la emisión de CO, tal como se muestra en las figuras 3-11 y 3-12. Del mismo modo, ni la cocción de la carne ni el marinado hicieron alguna contribución a las emisiones de NO, tal como se muestra en las figuras 3-12 y 3-14.

La figura 3-15 ilustra el efecto de la cocción de carne con y sin dispositivo de control en la emisión de MP totales. La emisión de MP proveniente de la combustión del carbón es lo suficientemente baja como para ser despreciable. La emisión de MP totales es debida casi totalmente a la cocción de la carne. El dispositivo de control redujo pero no eliminó las emisiones de MP. Sin embargo, esta observación está basada sólo en una prueba y deberán llevarse a cabo pruebas adicionales para poder llegar a una conclusión firme sobre el dispositivo de control. No se puede observar ninguna diferencia real en la emisión de MP entre la cocción de carne de res y la de pollo (véase la figura 3-16), pero hubo un ligero aumento en la emisión de MP cuando se marinó la carne (véase la figura 3-17).

El efecto de la cocción de la carne, el efecto del marinado y la diferencia entre la carne de res y el pollo en lo que respecta a la emisión de HCT no es muy concluyente, tal como se indica en las figuras 3-18, 3-19 y 3-20, respectivamente. La cocción de la carne parece incrementar la emisión de HCT por encima de la línea de base correspondiente a la combustión del carbón, pero no fué consistente a través de todas las corridas. Parece ser que la malla de control redujo las emisiones de HCT pero se requieren pruebas adicionales para verificar este dato.

Tal como se muestra en el apéndice G, las trazas de HCT en el MCE durante todo el período de corridas de prueba, indicaron que prácticamente todos los HCT fueron emitidos durante los 30 minutos iniciales del encendido del carbón. Después de estos 30 minutos iniciales, todos los hidrocarburos contenidos en el carbón fueron consumidos, quedando únicamente el carbón elemental para sostener el fuego. Esto puede explicar la razón por la cual la cocción de la carne tiene tan poco efecto sobre la emisión de HCT.

**Tabla 3-5. Emisiones de Particulado Totales**

**\* Método 5**

Número de Prueba	Velocidad de Emisión (g/hr)	Emisiones Estimadas carne + pérdida de carbón (g/kg)	Emisiones Estimadas Carne cocinada (g/kg)
MC1	18.1	8.8	8.2
MC2	22.7	10.8	8.8
MC3	19.5	7.7	7.7
MC4	1.3	0.6	NA
MC5	2.8	1.8	NA
MC6	32.5	10.0	10.8
MC7	34.9	10.1	10.7
MC8	30.4	7.9	8.5
MC9	23.7	5.7	6.6

**Tabla 3-6. Emisiones de Monóxido de Carbono**

**\* Concentración Promedia del Gas en el Canal de Dilución**

Número de Prueba	Velocidad de Emisión (g/hr)	Emisiones Estimadas carne + pérdida de carbón (g/kg)	Emisiones Estimadas Carne cocinada (g/kg)
MC1	385.6	188.9	174.3
MC2	376.3	179.4	145.5
MC3	462.9	182.1	181.8
MC4	435.7	198.1	NA
MC5	494.3	311.5	NA
MC6	484.3	148.7	160.8
MC7	556.7	160.2	170.2
MC8	518.1	134.8	145.2
MC9	574.5	138.5	161.1

**Tabla 3-7. Emisiones de Oxido Nítrico\***

**\* Concentración Promedia del Gas**

Número de Prueba	Velocidad de Emisión (g/hr)	Emisiones Estimadas carne + pérdida de carbón (g/kg)	Emisiones Estimadas Carne cocinada (g/kg)
MC1	5.2	2.6	2.4
MC2	16.5	7.8	6.4
MC3	8.5	3.3	3.3
MC4	13.1	6.0	NA
MC5	16.3	10.3	NA
MC6	14.2	4.3	4.7
MC7	6.6	1.9	2.0
MC8	5.2	1.3	1.4
MC9	6.3	1.5	1.8

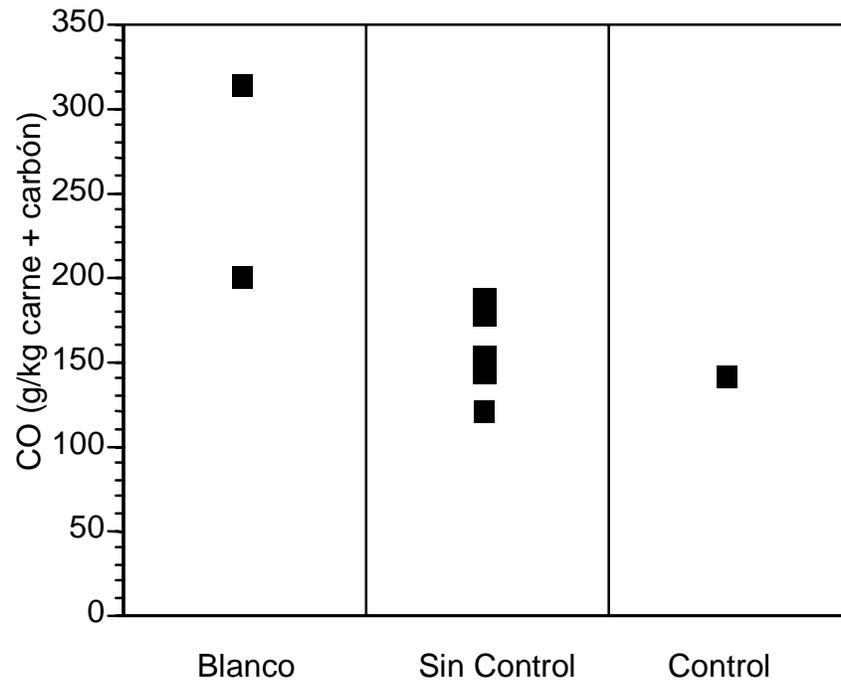
**Tabla 3-8. Emisiones de Hidrocarburos Totales\***

**\* Concentración Promedia del Gas**

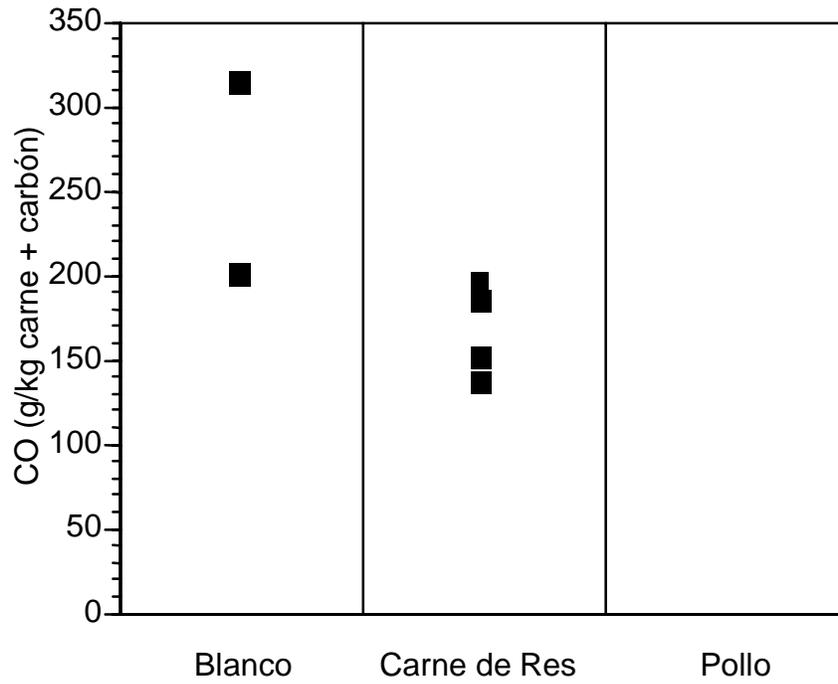
**\* Hidrocarburos Totales (THC) como Metano**

Número de Prueba	Velocidad de Emisión (g/hr)	Emisiones Estimadas carne + pérdida de carbón (g/kg)	Emisiones Estimadas Carne cocinada (g/kg)
MC1	20.4	10.0	9.2
MC2	20.2	9.6	7.8
MC3	13.2	5.2	5.2
MC4	1.4	0.7	NA
MC5	4.5	2.9	NA
MC6	6.9	2.1	2.3
MC7	3.5	1.0	1.1
MC8	14.5	3.8	4.1
MC9	1.2	0.3	0.3

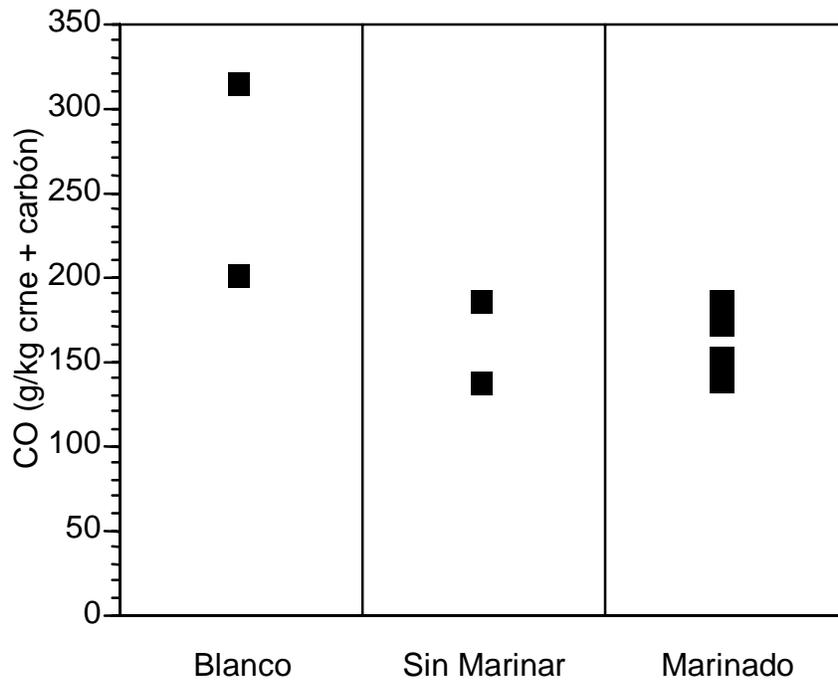
**Figura 3-10. Emisiones de CO Provenientes Únicamente de la Combustión del Carbón Comparadas con las Emisiones de la Cocción de la Carne**



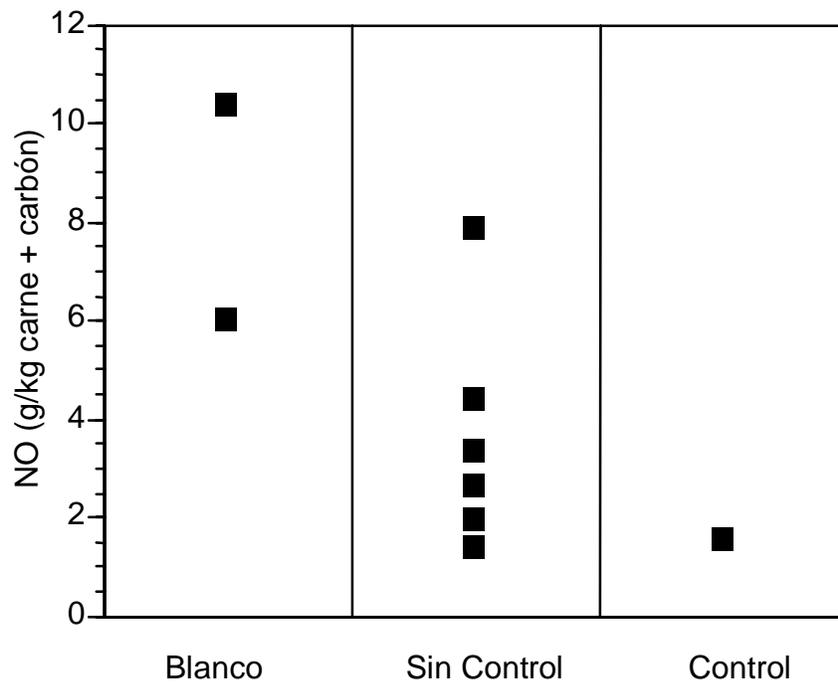
**Figura 3-11. Efectos de los Tipos de Carne sobre las Emisiones de CO**



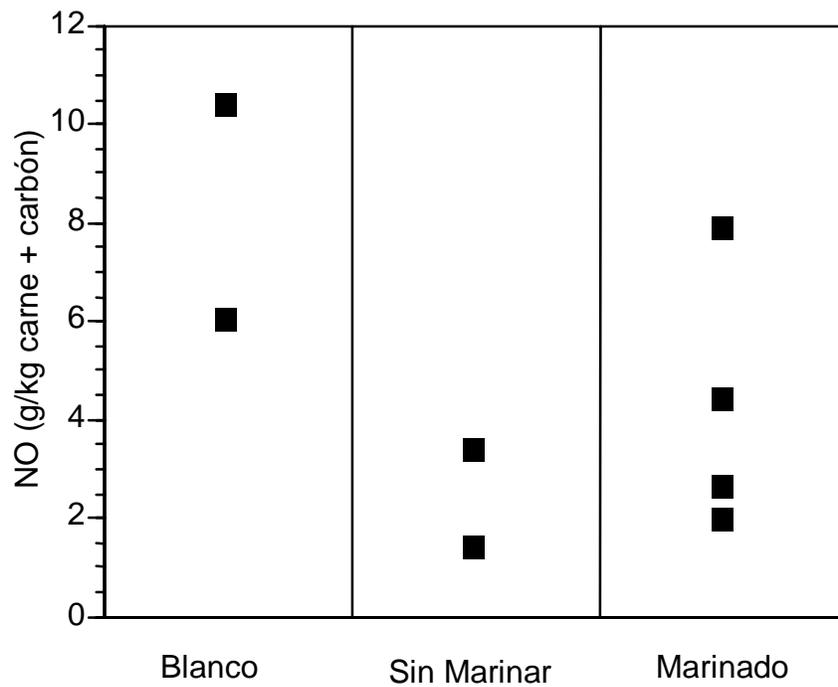
**Figura 3-12. Efectos del Marinado sobre las Emisiones de CO**



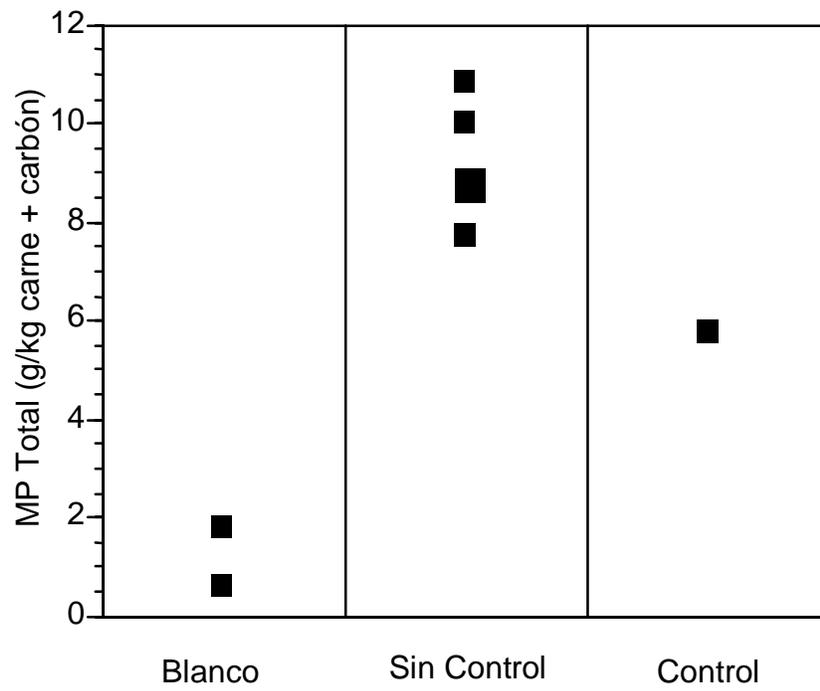
**Figura 3-13. Emisiones de NO Provenientes Únicamente de la Combustión del Carbón Comparadas con las Emisiones de la Cocción de Carne**



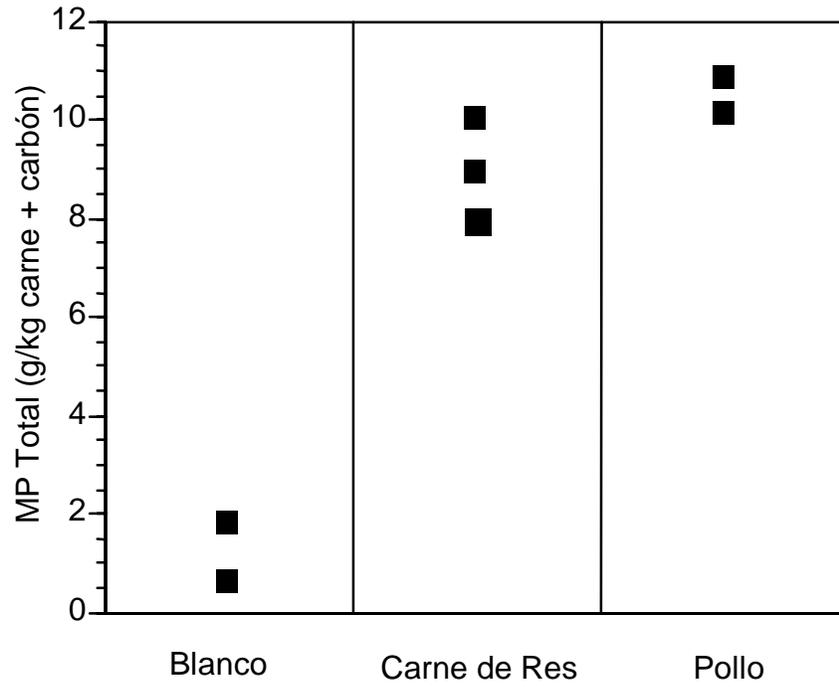
**Figura 3-14. Efectos del Marinado sobre las Emisiones de NO**



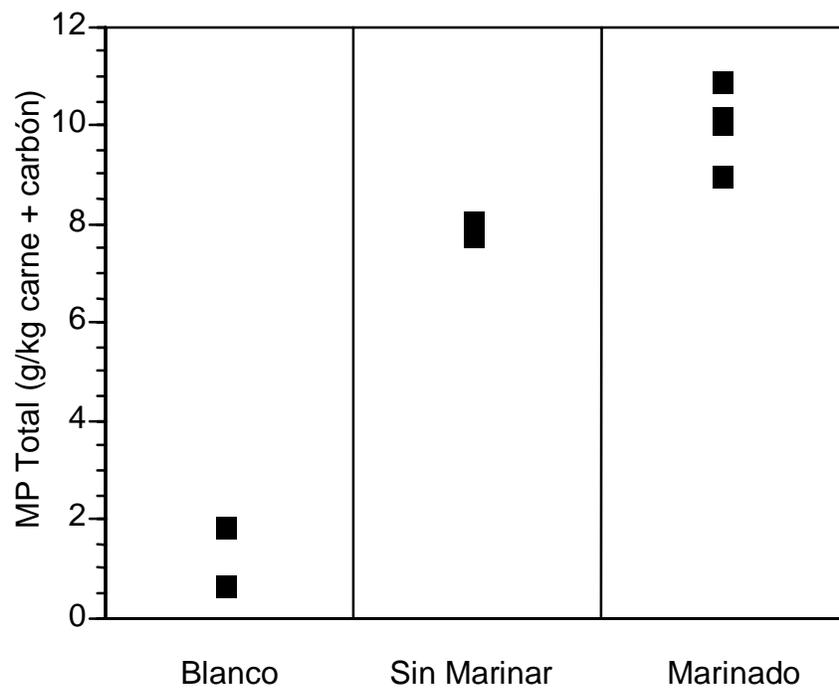
**Figura 3-15. Efectos de la Cocción de la Carne con y sin el Dispositivo de Control Sobre las Emisiones de MP Total**



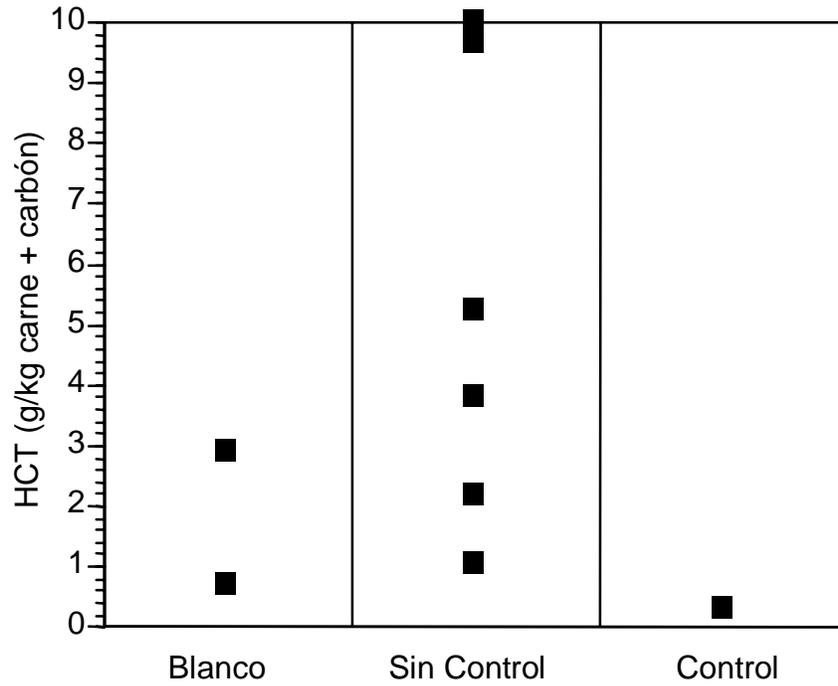
**Figura 3-16. Efectos de los Tipos de Carne sobre las Emisiones de MP Total**



**Figura 3-17. Efecto del Marinado sobre la Emision de MP Total**



**Figura 3-18. Emisiones de HCT Provenientes de la Combustión del Carbón, la Cocción de la Carne con y sin el Dispositivo de Control**



**Figura 3-19. Efectos del Tipo de Carne Sobre las Emisiones de HCT**

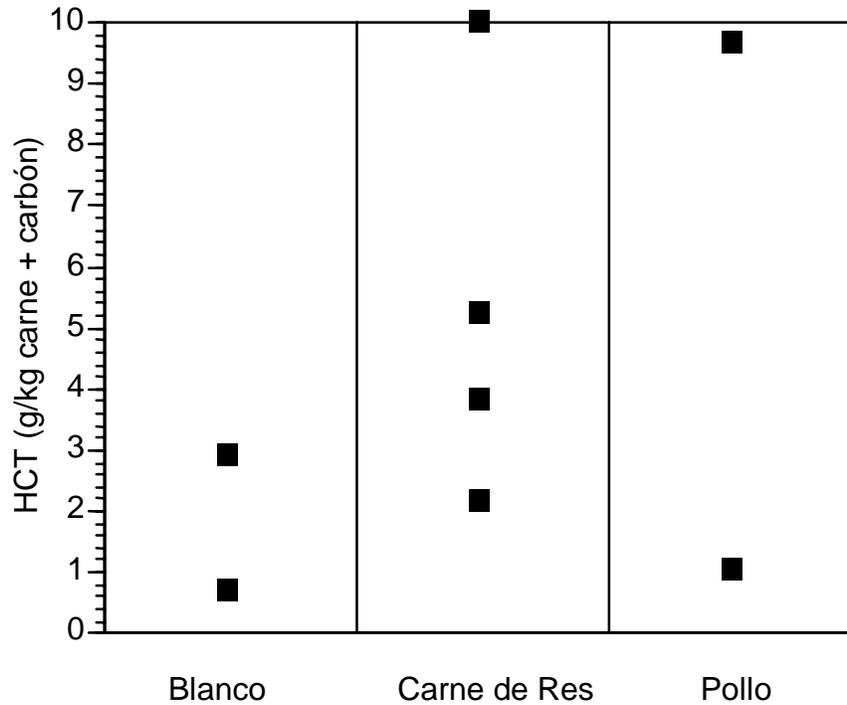
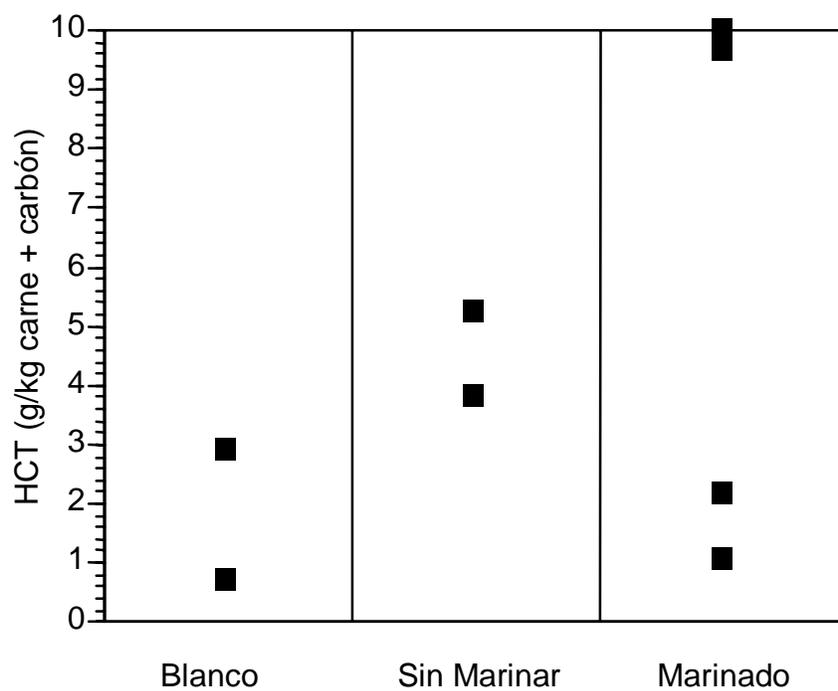


Figura 3-20. Efecto del Marinado Sobre las Emisiones de HCT



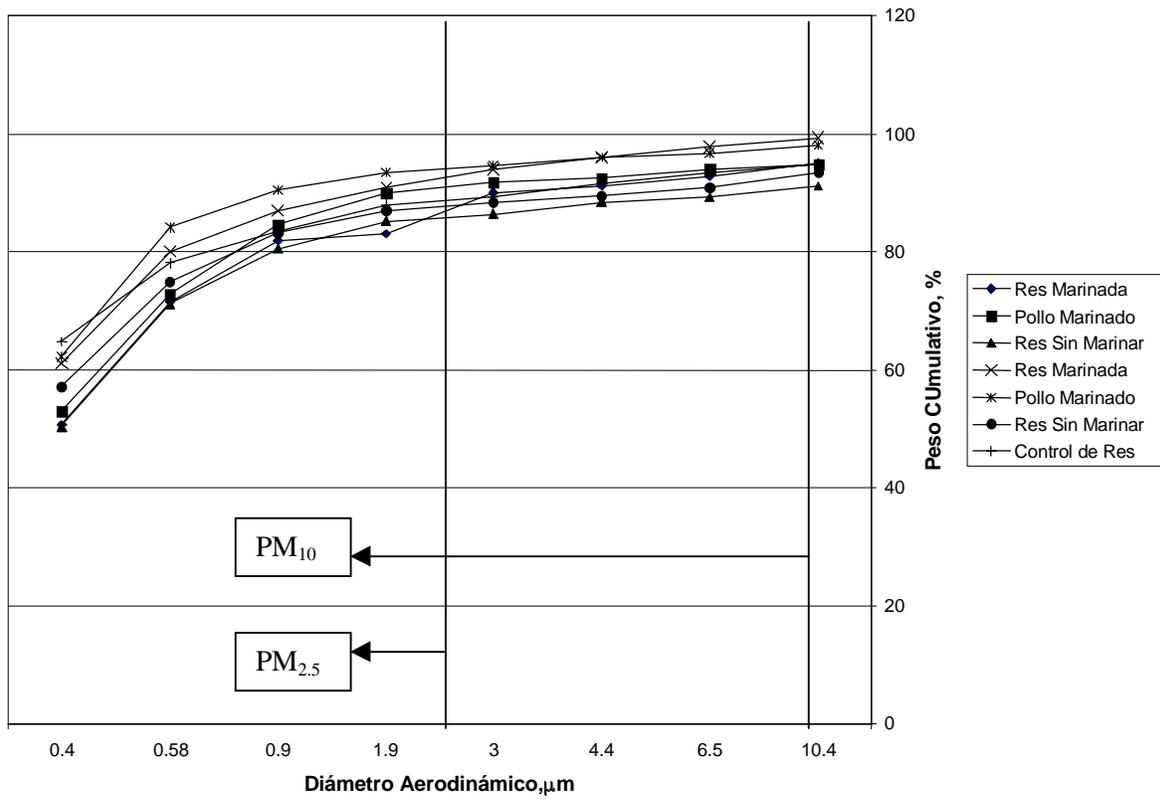
### 3.5 Distribución del Tamaño de Partículas (MP<sub>10</sub> y MP<sub>2.5</sub>)

El resultado de las mediciones de la distribución del tamaño de las partículas se resume en la tabla 3-9 y se ilustra gráficamente en la figura 3-21. Las distribuciones del tamaño de partículas de todas las corridas hechas con carne - independientemente del tipo de carne o del marinado - fueron bastante similares. La mayoría de las partículas eran muy pequeñas. Más del 80% de las partículas poseían un diámetro aerodinámico menor de 2.5 Mm (MP<sub>2.5</sub>). Solamente el 20% de las partículas poseían un diámetro aerodinámico entre las 10 µm y las 2.5 µm.

**Tabla 3.9. Resumen de las Distribuciones del Tamaño de las Partículas**

Diámetro del Particulado	Peso Cumulativo, %								
	Corrida #MC1	Corrida #MC2	Corrida #MC3	Corrida #MC4	Corrida #MC5	Corrida #MC6	Corrida #MC7	Corrida #MC8	Corrida #MC9
10.4 µm	95.1	94.9	91.2	100.0	101.3	99.3	98.1	93.5	94.8
6.5 µm	92.8	94.0	89.3	100.0	102.5	97.8	96.8	90.9	93.5
4.4 µm	91.2	92.6	88.5	102.1	100.0	96.0	96.1	89.6	91.6
3.0 µm	90.1	91.9	86.4	101.0	97.5	94.0	94.6	88.4	89.3
1.9 µm	83.1	90.0	85.2	21.6	97.5	91.0	93.5	87.0	88.0
0.9 µm	82.0	84.6	80.5	24.7	92.4	87.0	90.4	83.3	83.6
0.58 µm	71.5	72.8	71.2	26.8	86.1	80.1	84.1	74.9	78.1
0.4 µm	50.7	53.0	50.4	21.6	72.2	61.1	62.2	57.1	64.8

Figura 3-21. Distribución del Tamaño de las Partículas



## 4.0 CONCLUSIONES

En base a los resultados discutidos en las secciones anteriores, se pueden hacer las siguientes conclusiones:

- Las emisiones de MP total, COV totales, COS totales e HCT provenientes de los asadores de carne al carbón de los vendedores ambulantes son básicamente el resultado de asar la carne; esto es, el carbón no contribuye a estas emisiones.
- La carne marinada produjo un aumento en las emisiones de COV totales y MP total en comparación a la carne sin marinar.
- No hubo diferencias significativas en los flujos de emisiones entre el pollo y la carne de res.
- Las emisiones de CO y de NO provienen más bien del fuego del carbón más que de la cocción de la carne.
- En base a observaciones muy limitadas, la malla sencilla colocada en el ducto (dispositivo de control de emisión), pareció ser muy efectiva para reducir las emisiones de MP, COV, COS y HCT provenientes de los asadores de los vendedores ambulantes; pero sólo una prueba se llevó a cabo para evaluar este dispositivo y por lo tanto no se obtuvieron resultados concluyentes.
- La distribución del tamaño del particulado de todas las corridas de prueba fué muy parecida. La mayoría de las partículas (80%) poseían un diámetro aerodinámico menor de 2.5  $\mu\text{m}$  (MP<sub>2.5</sub>). Solamente el 20% de las partículas poseían un diámetro aerodinámico entre las 10  $\mu\text{m}$  y las 2.5  $\mu\text{m}$ .

## **5.0 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD / CONTROL DE CALIDAD (AC/CC)**

Las actividades de AC/CC planeadas para este proyecto fueron descritas en el Plan aprobado de Aseguramiento de Calidad Categoría III del Proyecto (PACP), (*Quality Assurance Project Plan, QAPP*), titulado PACP para las Emisiones de los Aparatos para Cocinar de los Vendedores Ambuantes (*QAPP for Emissions from Street Vendor Cooking Devices*, de fecha julio de 1998. Durante la implementación, ocurrieron algunas desviaciones del PACP y se documentan a continuación:

**La quema en blanco no se efectuó antes de las pruebas, tal como se indica en la matriz de pruebas descrita en el PACP.**

Esto fué necesario, debido a que se disponía sólo de cantidades limitadas de carbón al inicio de la serie de pruebas y se consideró que el número máximo de pruebas produciría información más útil que una corrida en blanco únicamente con carbón. Posteriormente se efectuaron dos corridas en blanco con el carbón mexicano y el carbón local.

**La secuencia de prueba es diferente a la del PACP.**

La revisión del AC sugirió ordenar la secuencia de pruebas al azar.

**El PACP estableció que el carbón será encendido con líquido para encender carbón, pero se utilizó un soplete de butano para encender el carbón.**

Se utilizó un soplete de butano porque se consideró que el soplete con flama caliente contaminaría al carbón mucho menos que el líquido para encendido absorbiéndose en el carbón. En México, encienden el carbón con un trozo de madera o papel enrollado encendido. Aunque ésto simula la condición real de campo, es un porceso aleatorio que hubiera requerido un período de espera relativamente largo antes de que pudiera iniciarse la cocción de la carne.

**El PACP estableció que el carbón encendido debe ser extinguido rociándole agua por encima.**

La extinción con agua del carbón encendido pudo haber resultado en la formación de vapor de agua y en el esparcimiento de cenizas, resultando en un error en las mediciones del peso.

**El PACP estableció que una calibración de tres puntos sería hecha para el analizador de NO<sub>x</sub>, pero solamente se realizó la calibración a dos puntos.**

Los valores de NO medidos estuvieron en un rango de 0 a menos de 20 ppm. Se consideró que solamente las calibraciones en cero y con el gas de calibración eran suficientes para estos rangos.

#### **No se registraron las veces que se volteo la carne.**

Debido a la naturaleza irregular de la temperatura del lecho de carbón, se tenía que mover la carne de un punto a otro y tuvo que ser volteada al azar debido a la naturaleza no uniforme de su espesor. Bajo estas circunstancias, se decidió que anotar los tiempos de volteado añadiría muy poco a la calidad de la información y solamente complicaría el procedimiento de prueba. Todas estas medidas se tomaron para simular el proceso de cocción mexicano tan fielmente como fuese posible en este estudio.

#### **El sistema de identificación de muestras detallado en el PACP no fué utilizado.**

Solamente se efectuó una prueba por cada día de pruebas y sólo una muestra se obtuvo por cada tipo de análisis. Por lo tanto, la identificación de una muestra ya fuera por el número de corrida o por la fecha de la prueba, fué suficiente para identificarla.

### **5.1 Meta de Valores de los Indicadores de la Calidad de Datos**

En la tabla 5-1 se muestran las metas de valores de los indicadores de la calidad de los datos (*Data Quality Indicators Goal; DQIG*) establecidos en el PACP para las mediciones críticas.

La exactitud se expresa como porcentaje de variación y se calcula comparando una concentración medida con una concentración conocida. La precisión se evalúa realizando mediciones repetidas. La totalidad se define como el número de mediciones válidas comparado con el número de mediciones totales efectuadas y se expresa como un porcentaje. Las metas de totalidad se cumplieron para todas las mediciones excepto para los SO<sub>x</sub>. No se reportaron valores de SO<sub>x</sub> debido a problemas con el instrumento.

Todas las mediciones de peso para el muestreo de particulado, análisis de particulado, MP<sub>10</sub> y MP<sub>2.5</sub> estuvieron dentro de las metas de valores de los indicadores de la calidad de los datos establecidas. La exactitud de la balanza fue estimada pesando diariamente un estándar *NIST* rastreable.

Los porcentajes de recuperación de volátiles y de aldehídos estuvieron dentro del rango especificado del 50 al 150%. Los porcentajes de recuperación de semivolátiles estuvieron dentro del rango del 18 al 120%.

Todas las mediciones de los MCE, incluyendo CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y NO tuvieron un error menor a  $\pm 2\%$  en calibración, en verificación con menos de  $\pm 3\%$  de diferencia y menos de  $\pm 5\%$  de error en las verificaciones de las variaciones.

Las mediciones de temperatura estuvieron dentro de  $\pm 2\%$  y tanto las mediciones del peso del carbón como las de la carne estuvieron dentro de  $\pm 50$  gramos y  $\pm 0.1$  gramo, respectivamente.

Los laboratorios *Galbraith Laboratories, Inc.* realizaron el análisis del combustible; no se conoce su precisión ya que no se analizaron muestras repetidas. Los laboratorios *Southern Pruebaing & Research Laboratories, Inc.* analizaron el contenido de grasa de la carne utilizada en las pruebas. Puesto que no se analizó ninguna muestra repetida, se desconoce la precisión de sus análisis. El tamaño de las muestras de carne fué lo suficientemente grande, de modo que el resultado de los análisis representa un valor promedio del contenido de grasa de la carne de res y del pollo.

## **5.2 Limitaciones de los Datos**

La única medición del MCE que no cumplió los requisitos de las metas de valores de los indicadores de la calidad de los datos fue la medición del  $\text{SO}_2$ . El instrumento no se mantuvo estable durante la mayoría de las corridas y las frecuentes salidas de rango exhibidas durante la corrida indicaron que la información recolectada no era confiable.

**Tabla 5-1. Objetivos Indicadores de la Calidad de Datos para Mediciones Críticas**

Parámetro	Método	Exactitud (% de Predisposición)	Precisión (% de Diferencia)	Entereza (%)
Muestreo de las Partículas	40 CFR 60 * Método 5G	±0.1 mg	<±4 0.02 m <sup>3</sup> /minuto	>90
Análisis de las Partículas	40 CFR 60 * Método 5G	±0.1 mg	±0.2 mg	100
MP <sub>10</sub>	Impactor en Cascada	±0.1 mg	<20	>70
MP <sub>2.5</sub>	Impactor en Cascada	±0.1 mg	<20	>70
Semivolátiles	40 CFR 60 * Método 5G	18-120 (% de Recuperación)	<30	>70
Volátiles	Análisis por GC/MS, con Botes Summa	50-150 (% de Recuperación)	<30	>70
Aldehídos	Método Modificado 1P-6A	50-150 (% de Recuperación)	<30	>70
NO en la Chimenea	Método 7E	Calibración <±2 Deriva <±3 Predisposición por Sistema <±5	<5	>90
SO <sub>x</sub> en la Chimenea	Rendimiento en Borrador	Idem	<5	>90
O <sub>2</sub> en la Chimenea	Método 3A	Idem	<5	>90
CO en la Chimenea	Método 10	Idem	<5	>90
CO en el Túnel de Dilución	Método 10	Idem	<5	>90
Flujo en el Túnel de	Método 2C	<±5	<5	>90
Temperaturas	Termopar (Par Térmico)	<±2	<5	>90
Análisis del Combustible	Último y Próximo	<±5	<5	>90
Peso del Combustible	Método 28	<±2	<5	>90
Peso de la Carne	Método 28	<±2	<5	>90
Porcentaje de Grasas	Método del Depto. de Salubridad	>10	>10	>90

\* 40 CFR 60 = vol. no.40 del Código Federal de Reglamentos de EE.UU., parte 60

### 5.3 Auditorías

El Oficial de aseguramiento de la calidad de *ARCADI Geraghty & Miller* realizó una auditoría interna de los sistemas el 9 de septiembre de 1998. Dicho Oficial preparó una lista de verificación utilizando el PACP (*QAPP*) para Emisiones de los Aparatos para Cocinar de los Vendedores Ambulantes. Se observaron las actividades de calibración, la puesta en marcha, la cocción y el muestreo (los MCEs, COV, aldehídos y particulado), para la evaluación de la prueba para el pollo marinado. También se revisó la corrección y llenado completo de la documentación del proyecto. El 16 de septiembre de 1998 se presentó un reporte interno de la auditoría al Líder de la Grupo de Trabajo de *ARCADIS Geraghty & Miller* detallando las anomalías y observaciones.

#### 5.3.1. Resumen de Auditoría

La documentación del proyecto por *ARCADIS Geraghty & Miller* fue muy buena. El personal demostró estar familiarizado con los métodos utilizados para llevar a cabo su(s) tarea(s) asignada(s). Fue evidente que el personal estaba familiarizado con los PACP (*QAPP*) aprobados aunque se dieron algunas desviaciones del documento. No fué aparente que las desviaciones hubieran sido documentadas formalmente.

La mayoría de las observaciones realizadas durante la auditoría estaban relacionadas a las desviaciones del *QAPP*. Hubo también algunas preocupaciones en cuanto a las verificaciones de control de calidad del sistema de MCE. En realidad, estas verificaciones no se hicieron de manera rutinaria. En la auditoría se observó que el monitor de SO<sub>2</sub> mostró una desviación considerable durante el primer día de pruebas, aunque fué bastante estable el día de la auditoría.

#### 5.3.2 Anomalías/ Observaciones

Los siguientes resultados y observaciones específicos fueron incluídos en el reporte interno de la auditoría:

- Anomalía 1: No se han efectuado verificaciones de variaciones del MCE ni verificaciones independientes de la calibración.
- Anomalía 2: No se condujo una prueba en blanco previo a las pruebas.
- Observación 1: No se ha demostrado el desdoblamiento de los aldehídos.
- Observación 2: No hay un criterio documentado para determinar cuando la carne ya está “asada”
- Observación 3: Hubo evidencia de pintura quemada del asador que pudo contribuir a las emisiones.

- Observación 4: Debido a la remoción de la puerta del asador, hay alguna pérdida de emisiones hacia el cuarto.

### 5.3.3 Acciones Correctivas

Como resultado de las auditorías, se efectuó una corrida de cartuchos para aldehídos colocados en serie para demostrar que no había un desdoblamiento hacia el cartucho anterior.

## REFERENCIAS

1. Saeger, Mark, *Emission Estimation Technique Source Categories in Mexicali, Mexico*, Science Applications International Corporation, Final Report submitted to Centra de Informacion Sobre Contaminacion de Aire, August 1996.
2. Chow, J. C. and Watson, J. G., *Imperial Valley/Mexicali Cross-Border PM<sub>10</sub> Transport Study, Final Report*, Desert Research Institute, University of Nevada, January 1997.
3. EPA Method 5G, "Determination of Particulate Emissions from Wood Heaters from a Dilution Tunnel Sampling Location," Code of Federal Regulations, Title 40, Part 60, Appendix A, 1991.
4. Harris, D. B., "Procedures for Cascade Impactor Calibration and Operation in Process Streams," EPA-600/2-77-004 (NTIS PB263-623), January, 1997.
5. Riggin, R. M., Winberry, W.T. and Murphy, N.T., "Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using SUMMA Canister," Method TO-14, Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, EPA-600/4-89/017 (NTIS PB90-116989), June, 1988.
6. EPA Method IP-6A, "Determination of Formaldehyde and Other Aldehydes in Indoor Air Using a Solid Absorbent Cartridge," Compendium of Methods for the Determination of Air Pollutants in Indoor Air, EPA-600/4-90/010 (NTIS PB90-200288), 1990.

7. AOAC 960.39, "Fat Content by Ether Extraction," *Compendium of Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemist International, 16<sup>th</sup> Edition, 4<sup>th</sup> Revision, Vol. I and II, 1998.*
8. EPA Method 3A, "Determination of Oxygen and Carbon Dioxide Concentration in Emissions from stationary Sources," *Code of Federal Regulations, Title 40, Part 60, Appendix A, 1997.*
9. EPA Method 10, "Determination of Carbon Monoxide Emissions from Stationary Sources," *Code of Federal Regulations, Title 40, Part 60, Appendix A, 1997.*
10. EPA Method 6C, "Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources," *Code of Federal Regulations, Title 40, Part 60, Appendix A, 1997.*
11. EPA Method 7E, "Determination of Nitrogen Oxides Emissions from Stationary Sources," *Code of Federal Regulations, Title 40, Part 60, Appendix A, 1997.*
12. EPA Method 25A, "Determination of Total Gaseous Organic Concentration Using Flame Ionization Analyzer," *Code of Federal Regulations, Title 40, Part 60, Appendix A, 1997.*
13. AEERL Recommended Operating Procedure 12, "ROP for Gravimetric Analysis of Organic Extracts," July 1986.
14. AEERL Recommended Operating Procedure 13, "ROP for Total Chromatographable Organics Analysis," September 1986.
15. EPA SW Method 8270B, "Gas Chromatograph/Mass Spectrometry for Semivolatile Organics: Capillary Column Technique," *Test Methods for Evaluating Solid Wastes, 1, EPA SW-846 (NTIS PB88-239223), EPA , OSW, Washington, DC, September 1994.*
16. EPA SW Method 8260A, "Gas Chromatograph/Mass Spectrometry for Semivolatile Organics: Capillary Column Technique," *Test Methods for Evaluating Solid Wastes, 1, EPA SW-846 (NTIS PB88-239223), EPA , OSW, Washington, DC, September 1994.*

**APPENDIX A**

**Report of Fat Analysis**





# Southern Testing & Research Laboratories, Inc.

3809 Airport Drive • Wilson, NC 27896 • (252) 237-4175 • Fax: (252) 237-9341 • www.STRLabs.com

## REPORT OF ANALYSIS

LAB SAMPLE NO. (s) : H1558-003-004

DATE OF REPORT: 9/24/98

RECEIVED FROM

DATE RECEIVED : 9/22/98

NAM : CATHIE HINTON  
ORG : ARCADIS GERAGHTY & MILLER  
ADD : 4915 PROSPECTUS DRIVE, SUITE F  
CSZ : DURHAM NC 27713

ACCOUNT NO. :  
TELEPHONE : 919-544-2260

SAMPLE(s) of:

MARKED A: MARINATED CHICKEN

B: NON-MARINATED CHICKEN

C:

D:

-----SAMPLE/TEST NO.----->	A:H1558-003	B:H1558-004	C:	D:
ANALYSIS	UNITS			
: FAT, Ether Extract (%)	: 12.05	: 18.42	:	:
: According to AOAC 960.39	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:

COMMENTS:  
:  
:  
:  
:

LAB USE ONLY-----  
ANALYSTS: LO  
PICKUP: RUSH:  
TIME: MILES:  
T: D:  
-----

*Lisa L. Oehrl*  
Reviewed and Approved

Name: Lisa L. Oehrl, M.S.  
Title: Section Head, Food Chemistry Dept.

**APPENDIX B**

**Charcoal Analysis**



# GALBRAITH® LABORATORIES, INC.

Accuracy with speed - since 1950

## LABORATORY REPORT

Peter Kariher  
Arcadis Geraghty & Miller  
4915 Prospectus Drive  
Durham NC 27713

Report Date: 09/28/98  
Sample Received: 09/21/98  
Purchase Order #: CH43910E  
Fax Number: 919-544-5690

SAMPLE ID	LAB ID	ANALYSIS	DRY BASIS	AS RECEIVED
-----------	--------	----------	-----------	-------------

1) WS-Charcoal	Z-3901	Proximate:		
		Moisture		4.59 %
		Volatile Matter	25.94 %	24.75 %
		Ash	0.90 %	0.86 %
		Fixed Carbon (by diff)	73.16 %	69.80 %
2) MC-Charcoal	Z-3902	Proximate:		
		Moisture		4.43 %
		Volatile Matter	25.73 %	24.59 %
		Ash	4.61 %	4.47 %
		Fixed Carbon (by diff)	69.66 %	66.57 %

CM:le D8



This report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the laboratory.

U.S. Mail: P.O. Box 51610 · Knoxville, TN 37950-1610  
Other Carriers: 2323 Sycamore Drive · Knoxville, TN 37921-1750  
Tel: (423) 546-1335 · Fax: (423) 546-7209

## **APPENDIX C**

### **Weight Data for Charcoal and Meat, kg (lb)**

### Weight Data for Charcoal and Meat, kg (lb)

TEST NO.	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
Initial Charcoal	5.13(11.30)	5.44(12.00)	5.62(12.40)	6.03(13.30)	5.31(11.70)	6.08(13.40)	6.49(14.30)	6.49(14.3)	5.35(11.8)
Final Charcoal	2.18(4.80)	3.13(6.90)	2.31(5.09)	1.68(3.70)	2.09(4.61)	2.31(5.09)	2.00(4.41)	2.68(5.91)	0.54(1.19)
Change	2.18(4.8)	2.31(5.10)	3.31(7.30)	4.35(9.6)	3.22(7.1)	3.72(8.2)	4.49(9.9)	3.81(3.91)	4.81(10.6)
Initial Meat	5.31(11.71)	5.30(11.69)	5.01(11.04)	N/A	N/A	5.27(11.62)	6.87(15.15)	5.29(11.67)	5.59(12.32)
Final Meat	3.39(7.47)	3.33(7.34)	3.37(7.42)	N/A	N/A	3.28(7.23)	4.07(8.98)	3.46(7.63)	3.9(8.59)
Change	1.92(4.23)	1.97(4.35)	1.64(3.62)	N/A	N/A	1.99(4.40)	2.8(6.16)	1.83(4.04)	1.69(3.74)
Scraping (grams)	13.75	20.12	18	N/A	N/A	8.83	10.14	3.91	18.5

## **APPENDIX D**

### **Average Grill Temperatures and Average CED Data for Total Run**

## Average Temperatures for Total Run

Location Test No.	Coal degC	Grate degC	Grill Hood degC	Stack degC	Dilution Tunnel degC	Ambient degC
MC1	245.8	152.8	94.5	88.3	51.3	26.9
MC2	240.5	175.4	107.9	93.8	52.7	26.0
MC3	245.2	180.0	103.1	91.6	53.1	27.5
MC4	255.5	207.8	144.0	122.0	67.0	31.6
MC5	182.0	154.1	107.4	96.0	57.1	31.1
MC6	303.8	222.8	149.9	119.8	65.6	31.1
MC7	265.9	206.0	139.0	112.4	64.7	32.9
MC8	337.3	293.0	161.5	117.4	62.8	27.3
MC9	361.4	254.6	154.7	111.0	65.0	28.1

## Average CEM Data for Total Run

CEM Test No.	CO Stack, %	CO Dilution T., ppm	O2 %	CO2 %	THC ppm	NO ppm	SO2 ppm
MC1	0.092	464.3	19.2	0.73	47.7	6.8	113.9
MC2	0.104	459.9	19.4	0.90	74.9	18.1	28.0
MC3	0.112	539.1	19.6	0.80	62.2	10.5	17.5
MC4	0.114	524.5	19.5	1.20	43.1	15.1	3.2
MC5	0.112	575.7	19.9	0.80	32.9	15.9	0.0
MC6	0.128	610.6	19.2	1.20	58.7	16.3	0.0
MC7	0.126	636.6	18.9	1.10	24.8	6.9	19.5
MC8	0.131	641.2	19.2	1.30	55.7	6.8	10.6
MC9	0.118	688.5	19.1	1.20	37.4	7.0	14.2

## **APPENDIX E**

### **Average Grill Temperatures and Average CED Data During Grilling**

## Average Temperatures During Grilling

Location Test No.	Coal degC	Grate degC	Grill Hood degC	Stack degC	Dilution Tunnel degC	Ambient degC
MC1	242.0	147.2	94.0	88.4	52.7	28.7
MC2	268.0	189.4	108.9	91.8	52.5	26.5
MC3	267.0	184.0	99.9	88.2	52.5	28.3
MC4*	263.7	210.5	142.3	116.8	66.6	31.6
MC5*	204.3	170.3	112.3	101.7	60.5	32.9
MC6	306.1	222.8	142.1	111.2	63.4	32.4
MC7	286.6	221.1	143.4	113.9	66.5	34.2
MC8	357.9	308.9	160.3	113.1	61.7	28.1
MC9	355.3	261.2	157.4	109.4	66.0	29.8

\* During sampling

## Average CEM Data During Grilling

CEM Test No.	CO Stack, %	CO Dilution T., ppm	O2 %	CO2 %	THC ppm	NO ppm	SO2 ppm
MC1	0.093	459.7	19.2	0.72	42.5	5.8	157.0
MC2	0.097	438.3	19.4	0.80	41.1	17.9	30.3
MC3	0.104	539.1	19.6	0.70	26.9	9.2	17.0
MC4*	0.111	521.9	19.5	1.10	3.0	14.7	3.6
MC5*	0.110	586.5	19.8	0.80	9.4	18.1	0.0
MC6	0.116	578.7	19.4	1.10	14.4	15.8	2.1
MC7	0.130	666.8	18.9	1.10	7.4	7.4	23.1
MC8	0.124	611.9	19.3	1.20	29.9	5.7	8.9
MC9	0.116	688.1	19.1	1.20	2.5	7.0	16.0

\* During sampling

## **APPENDIX F**

### **Particle Size Distributions**

## PARTICLE SIZE SAMPLING RESULTS

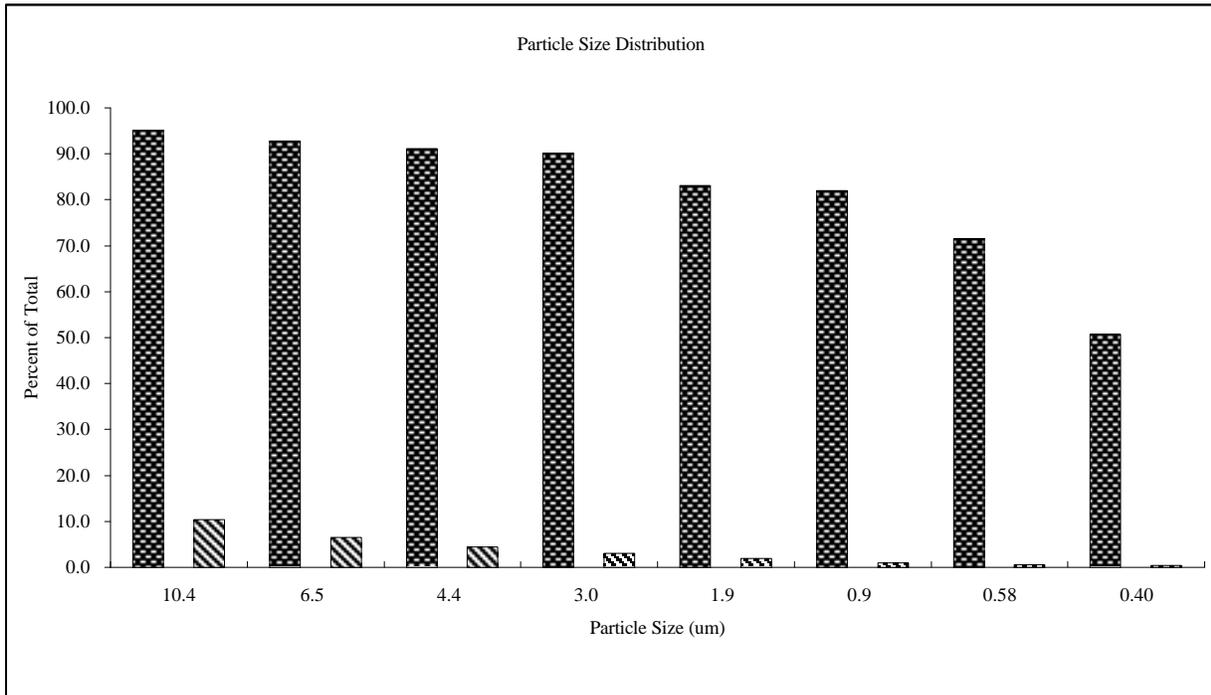
SOURCE: Mexican Charcoal / Beef With Marinade

DATE: 03-Sep-98

RUN: MC1

CONDITION:

Sampling Data		Stage	Catch(mg)	% of Total	Cum. % Less Than	ECD : m
E-time=	144	1	3.2	4.9	95.1	10.4
Vm=	111.417	2	1.5	2.3	92.8	6.5
Pb=	29.4	3	1.1	1.7	91.2	4.4
Ts=	126.86	4	0.7	1.1	90.1	3.0
Pstat=	-4	5	4.6	7.0	83.1	1.9
Tm=	106.3	6	0.7	1.1	82.0	0.9
Delta h=	1.8	7	6.9	10.5	71.5	0.58
Delta p=	0.50	8	13.7	20.9	50.7	0.40
Dn=	0.25	Backup	33.3	50.7	0.0	
Y=	0.981	Total	65.7	100.0	-	-
% Isokin=				95.5		
Imp ACFM=				0.83		



## PARTICLE SIZE SAMPLING RESULTS

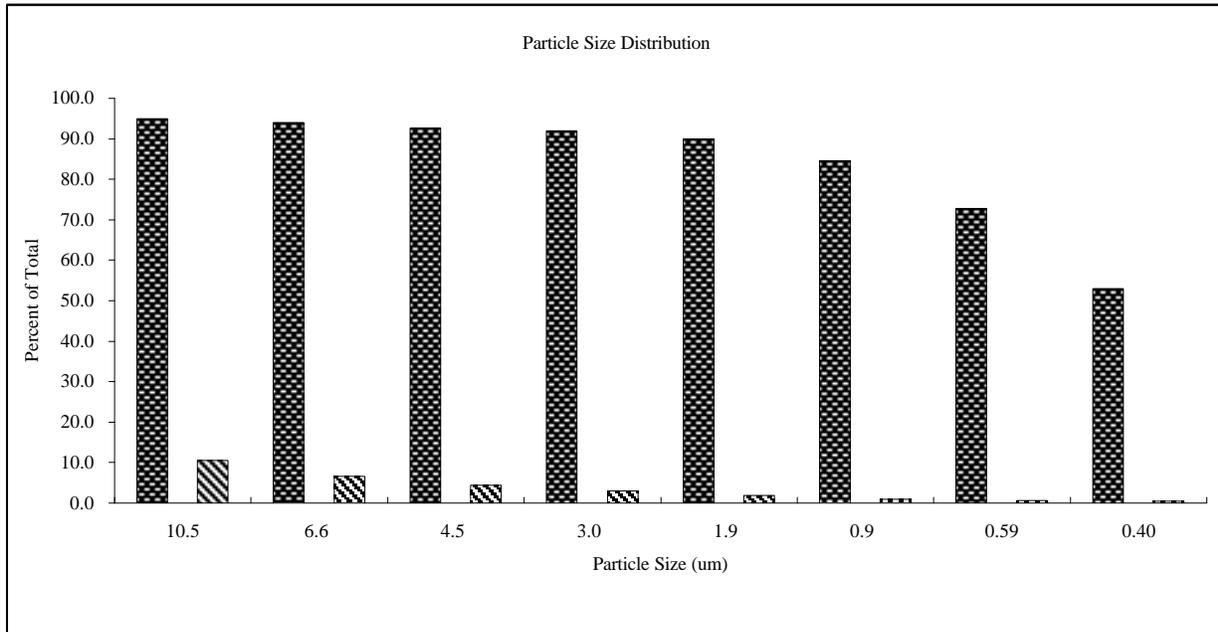
SOURCE: Mexican Charcoal / Chicken With Marinade

DATE: 09-Sep-98

RUN: MC2

CONDITION:

Sampling Data		Stage	Catch(mg)	% of Total	Cum. % Less Than	ECD : m
E-time=	123	1	2.9	5.1	94.9	10.5
Vm=	93.342	2	0.5	0.9	94.0	6.6
Pb=	29.4	3	0.8	1.4	92.6	4.5
Ts=	126.5	4	0.4	0.7	91.9	3.0
Pstat=	-4	5	1.1	1.9	90.0	1.9
Tm=	104.7	6	3.1	5.4	84.6	0.9
Delta h=	1.8	7	6.7	11.8	72.8	0.59
Delta p=	0.50	8	11.3	19.8	53.0	0.40
Dn=	0.25	Backup	30.2	53.0	0.0	-
Y=	0.981	Total	57	100.0	-	-
% Isokin=	93.8					
Imp ACFM=	0.82					



## PARTICLE SIZE SAMPLING RESULTS

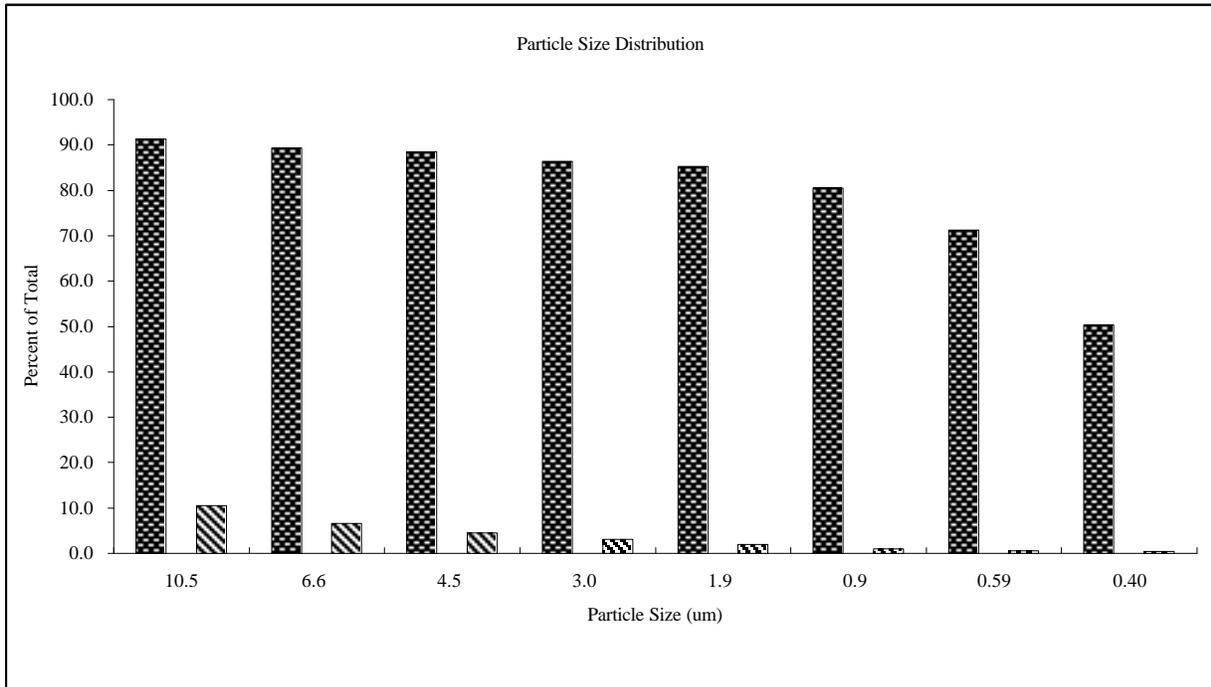
SOURCE: Mexican Charcoal / Beef wo Marinade

DATE: 11-Sep-98

RUN: MC3

CONDITION:

Sampling Data		Stage	Catch(mg)	% of Total	Cum. % Less Than	ECD : m
E-time=	118	1	4.5	8.8	91.2	10.5
Vm=	89.45	2	1.0	1.9	89.3	6.6
Pb=	29.7	3	0.4	0.8	88.5	4.5
Ts=	126.5	4	1.1	2.1	86.4	3.0
Pstat=	-4	5	0.6	1.2	85.2	1.9
Tm=	103.7	6	2.4	4.7	80.5	0.9
Delta h=	1.8	7	4.8	9.3	71.2	0.59
Delta p=	0.50	8	10.7	20.8	50.4	0.40
Dn=	0.25	Backup	25.9	50.4	0.0	
Y=	0.981	Total	51.4	100.0	-	-
% Isokin=				94.4		
Imp ACFM=				0.82		



## PARTICLE SIZE SAMPLING RESULTS

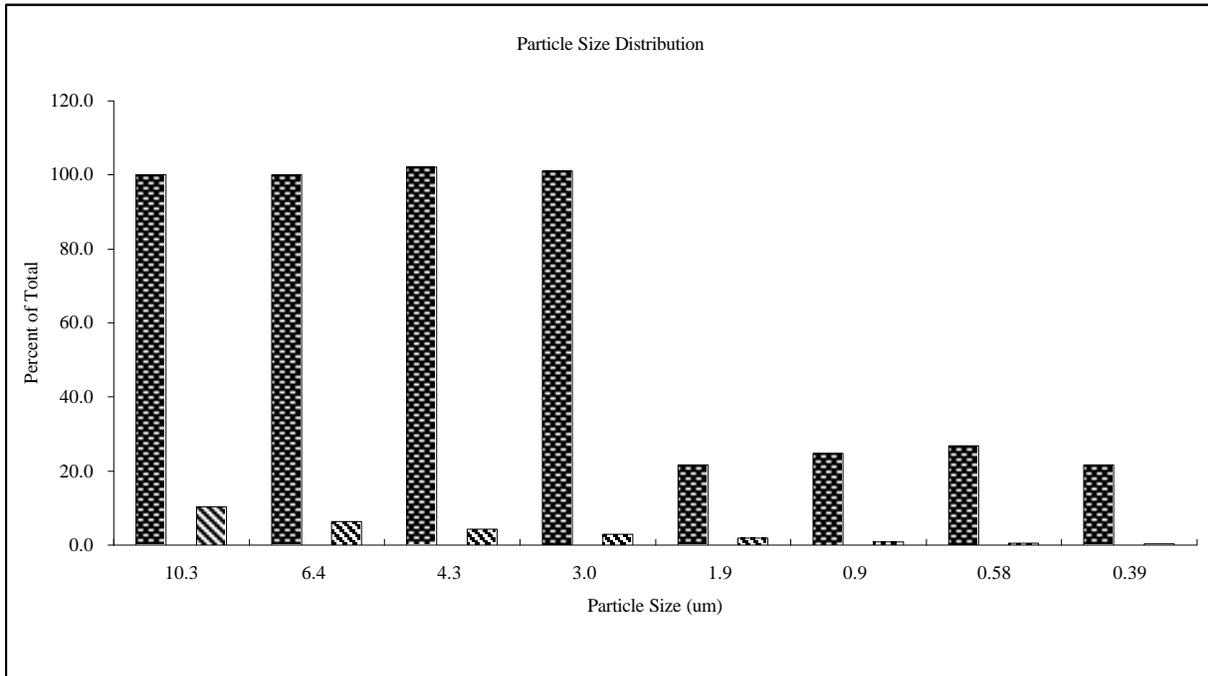
SOURCE: Whole Foods Charcoal / No Meat

DATE: 16-Sep-98

RUN: MC4

CONDITION:

Sampling Data		Stage	Catch(mg)	% of Total	Cum. % Less Than	ECD : m
E-time=	120	1	0.0	0.0	100.0	10.3
Vm=	91.775	2	0.0	0.0	100.0	6.4
Pb=	29.7	3	-0.2	-2.1	102.1	4.3
Ts=	151.88	4	0.1	1.0	101.0	3.0
Pstat=	-4	5	7.7	79.4	21.6	1.9
Tm=	106.7	6	-0.3	-3.1	24.7	0.9
Delta h=	1.8	7	-0.2	-2.1	26.8	0.58
Delta p=	0.50	8	0.5	5.2	21.6	0.39
Dn=	0.25	Backup	2.1	21.6	0.0	
Y=	0.981	Total	9.7	100.0	-	-
% Isokin=	96.7					
Imp ACFM=	0.85					



## PARTICLE SIZE SAMPLING RESULTS

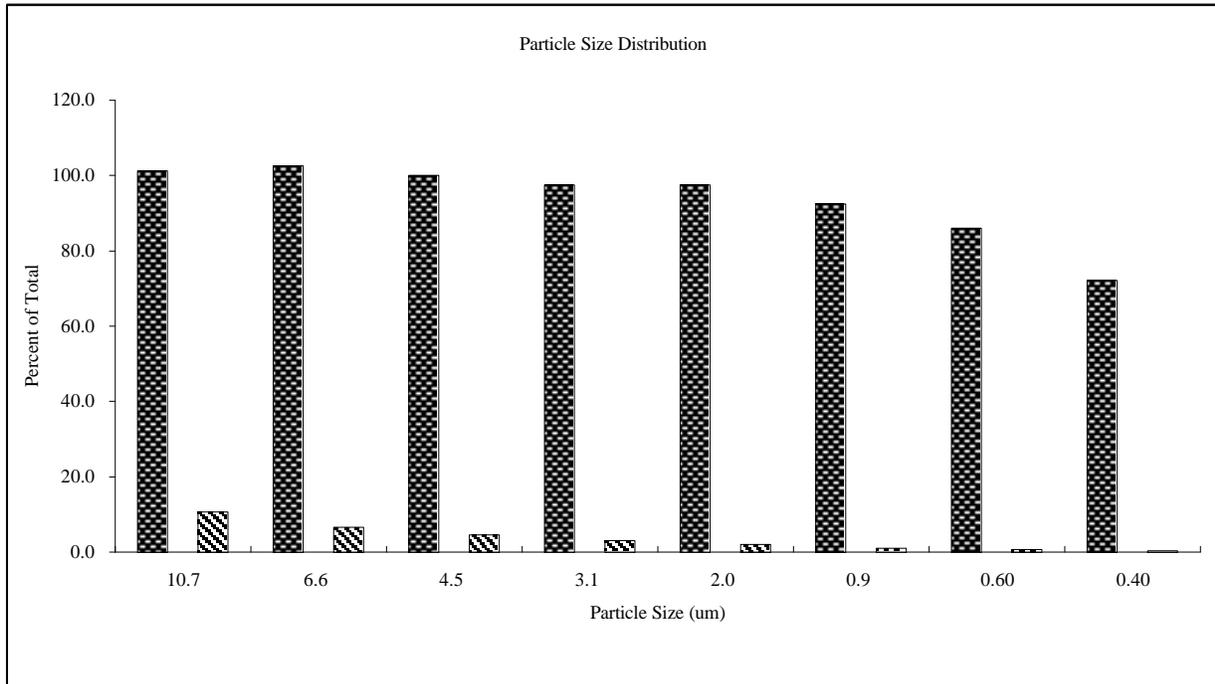
SOURCE: Mexican Charcoal / No Meat

DATE: 17-Sep-98

RUN: MC5

CONDITION:

Sampling Data		Stage	Catch(mg)	% of Total	Cum. % Less Than	ECD : m
E-time=	121	1	-0.1	-1.3	101.3	10.7
Vm=	87.811	2	-0.1	-1.3	102.5	6.6
Pb=	29.6	3	0.2	2.5	100.0	4.5
Ts=	140.9	4	0.2	2.5	97.5	3.1
Pstat=	-4	5	0.0	0.0	97.5	2.0
Tm=	107.3	6	0.4	5.1	92.4	0.9
Delta h=	1.8	7	0.5	6.3	86.1	0.60
Delta p=	0.50	8	1.1	13.9	72.2	0.40
Dn=	0.25	Backup	5.7	72.2	0.0	
Y=	0.981	Total	7.9	100.0	-	-
% Isokin=				90.7		
Imp ACFM=				0.79		



## PARTICLE SIZE SAMPLING RESULTS

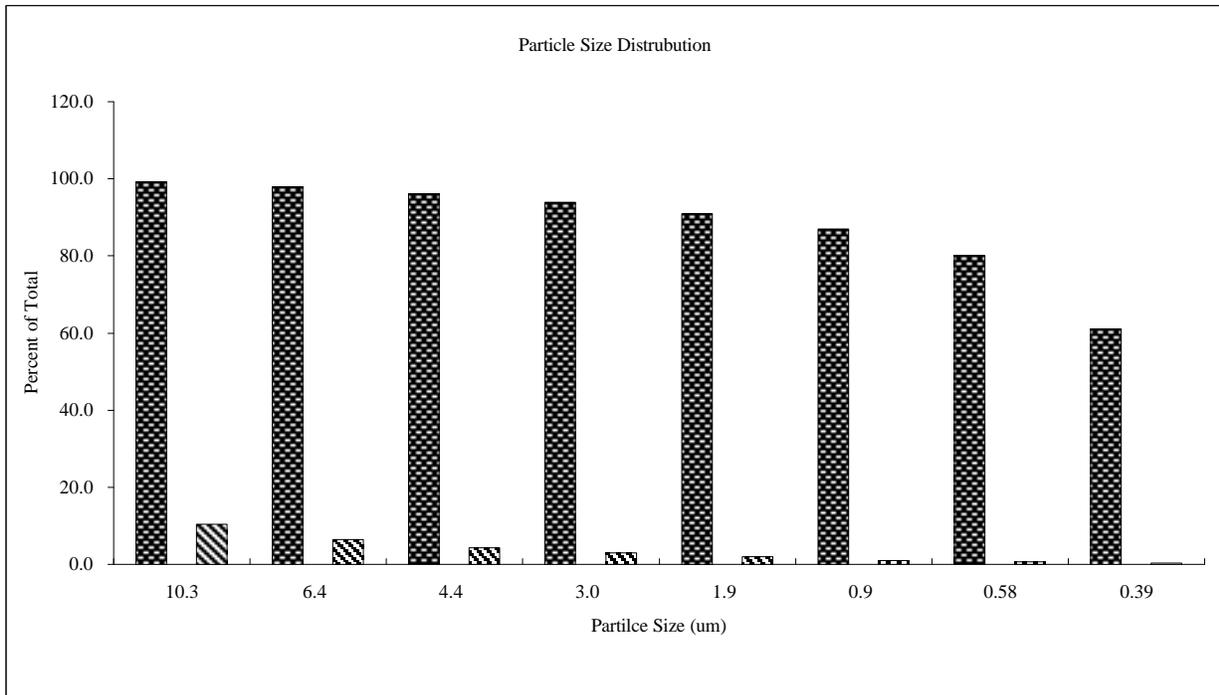
SOURCE: Whole Foods Charcoal / Marinated Beef

DATE: 21-Sep-98

RUN: MC6

CONDITION:

Sampling Data		Stage	Catch(mg)	% of Total	Cum. % Less Than	ECD (microns)
E-time=	105	1	0.6	0.7	99.3	10.3
Vm=	80.429	2	1.2	1.4	97.8	6.4
Pb=	29.5	3	1.5	1.8	96.0	4.4
Ts=	146.12	4	1.7	2.0	94.0	3.0
Pstat=	-4	5	2.5	3.0	91.0	1.9
Tm=	107.7	6	3.3	4.0	87.0	0.9
Delta h=	1.8	7	5.7	6.9	80.1	0.58
Delta p=	0.50	8	15.8	19.0	61.1	0.39
Dn=	0.25	Backup	50.7	61.1	0.0 <	
Y=	0.981	Total	83	100.0	-	-
% Isokin=				96.0		
Imp ACFM=				0.85		



## PARTICLE SIZE SAMPLING RESULTS

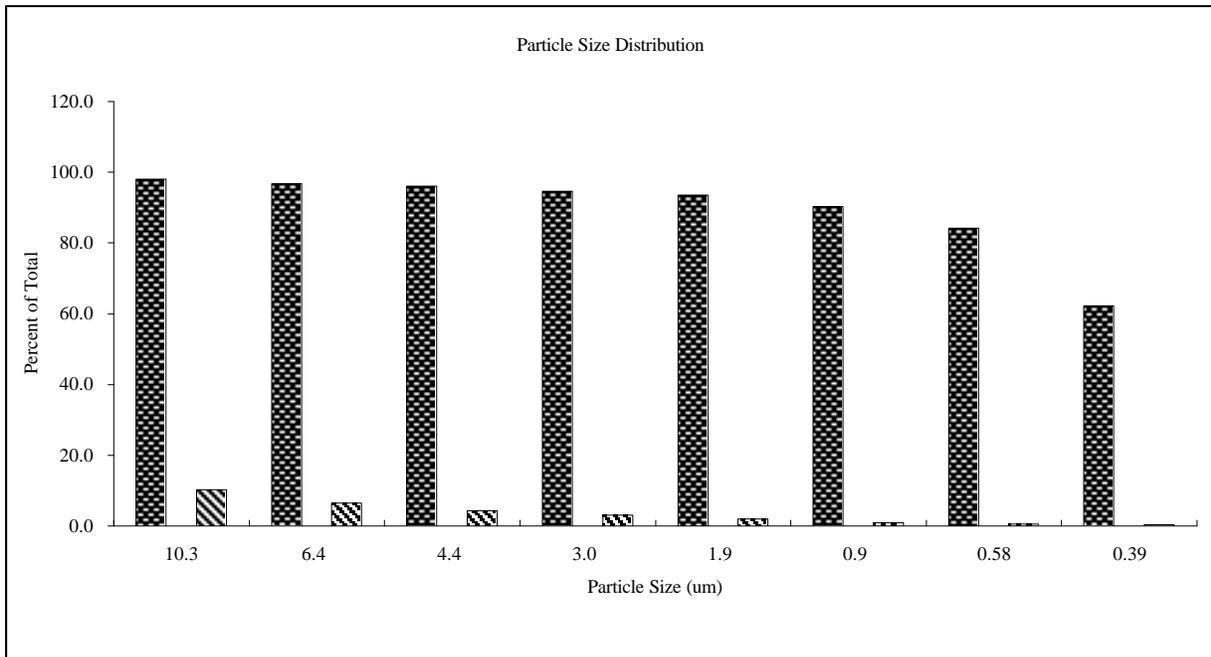
SOURCE: Whole Foods Charcoal / Marinated Chicken

DATE: 22-Sep-98

RUN: MC7

CONDITION:

Sampling Data		Stage	Catch (mg)	% of Total	Cum. % Less Than	ECD : m
E-time=	126	1	2.0	1.9	98.1	10.3
Vm=	95.923	2	1.4	1.3	96.8	6.4
Pb=	29.4	3	0.7	0.7	96.1	4.4
Ts=	151.7	4	1.6	1.5	94.6	3.0
Pstat=	-4	5	1.1	1.0	93.5	1.9
Tm=	106.7	6	3.3	3.1	90.4	0.9
Delta h=	1.8	7	6.6	6.3	84.1	0.58
Delta p=	0.50	8	23.0	21.9	62.2	0.39
Dn=	0.25	Backup	65.4	62.2	0.0	-
Y=	0.981	Total	105.1	100.0	-	-
% Isokin=	95.8					
Imp ACFM=	0.85					



## PARTICLE SIZE SAMPLING RESULTS

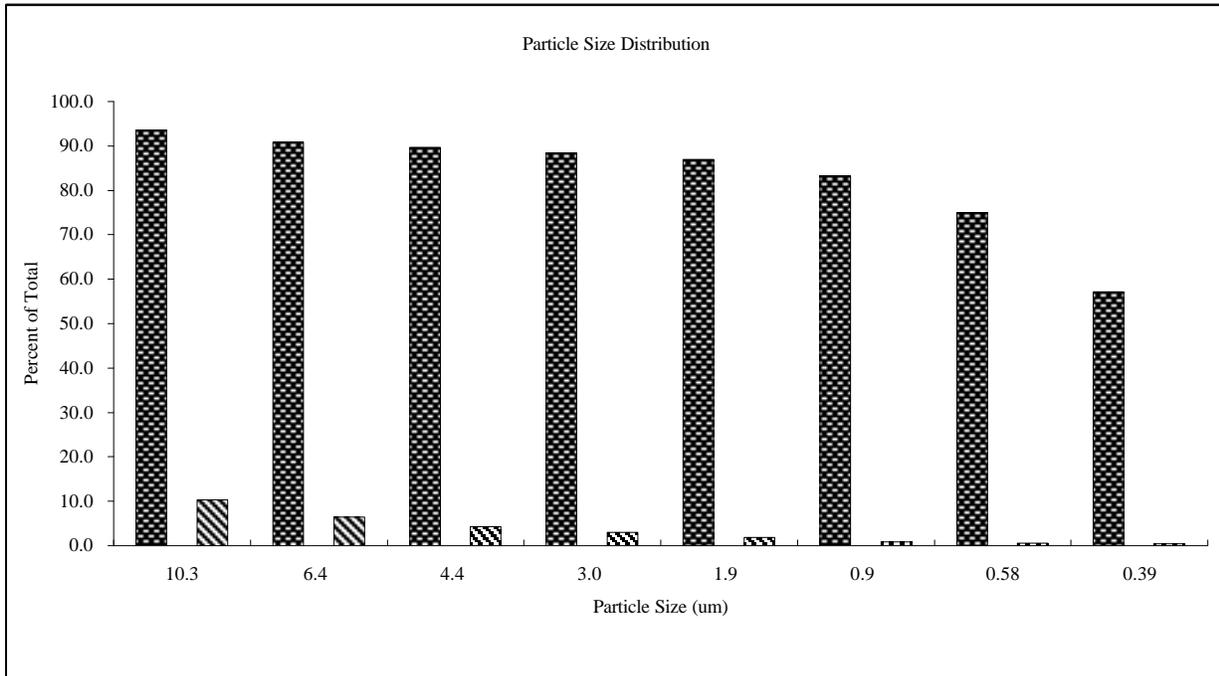
SOURCE: Whole Foods Charcoal / Beef wo Marinade

DATE: 24-Sep-98

RUN: MC8

CONDITION:

Sampling Data		Stage	Catch(mg)	% of Total	Cum. % Less Than	ECD : m
E-time=	89	1	4.2	6.5	93.5	10.3
Vm=	68.193	2	1.7	2.6	90.9	6.4
Pb=	29.8	3	0.8	1.2	89.6	4.4
Ts=	143.06	4	0.8	1.2	88.4	3.0
Pstat=	-4	5	0.9	1.4	87.0	1.9
Tm=	103.3	6	2.4	3.7	83.3	0.9
Delta h=	1.8	7	5.4	8.4	74.9	0.58
Delta p=	0.50	8	11.5	17.8	57.1	0.39
Dn=	0.25	Backup	36.9	57.1	0.0	
Y=	0.981	Total	64.6	100.0	-	-
% Isokin=				97.0		
Imp ACFM=				0.85		



## PARTICLE SIZE SAMPLING RESULTS

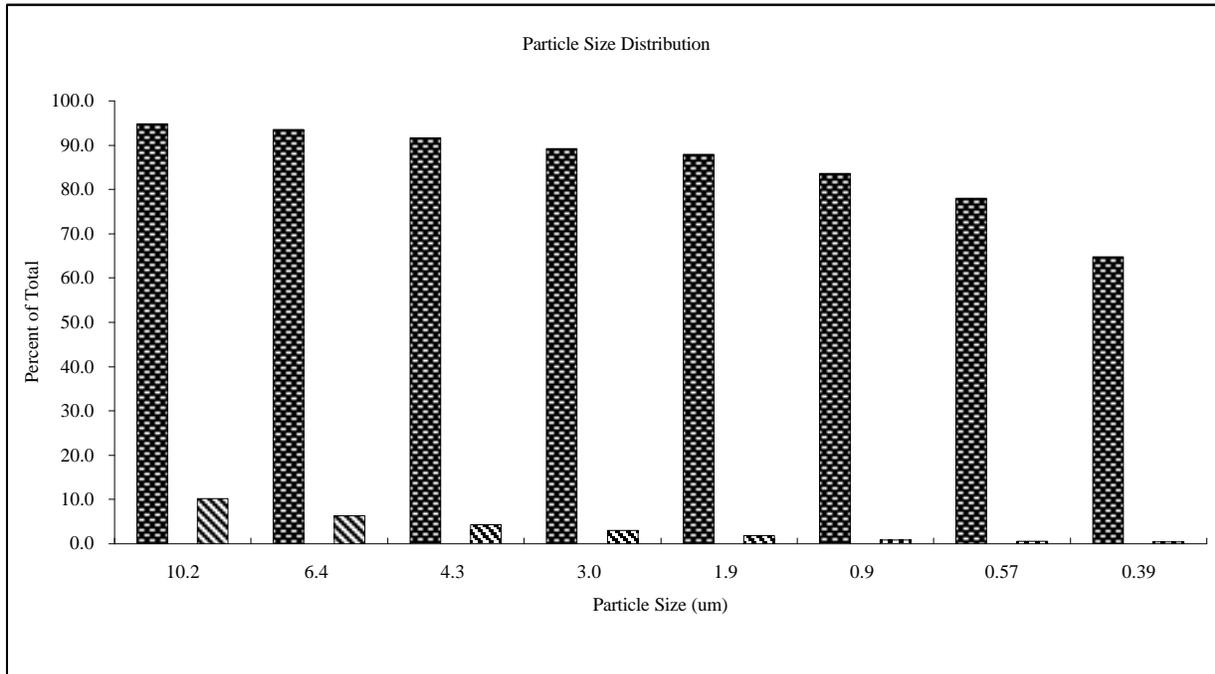
SOURCE: Whole Foods Charcoal / Beef wo Marinade / Control Device

DATE: 29-Sep-98

RUN: MC9

CONDITION:

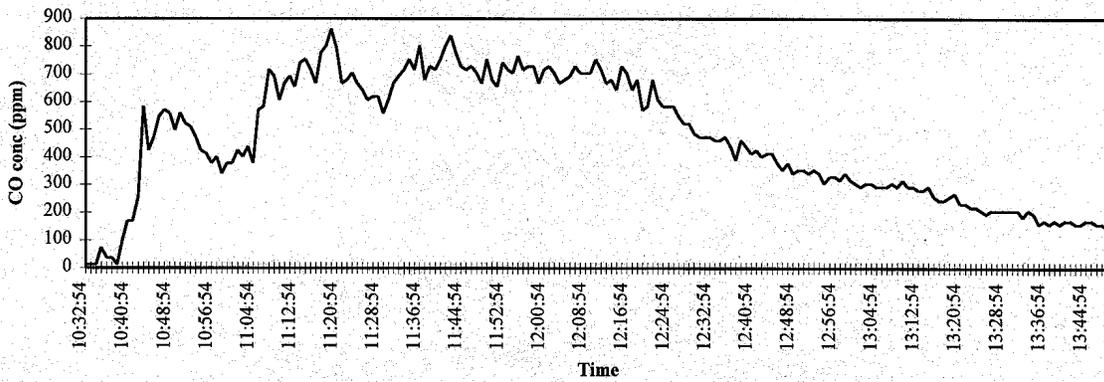
Sampling Data		Stage	Catch(mg)	% of Total	Cum. % Less Than	ECD $\mu\text{m}$
E-time=	94	1	2.0	5.2	94.8	10.2
Vm=	72.688	2	0.5	1.3	93.5	6.4
Pb=	29.6	3	0.7	1.8	91.6	4.3
Ts=	150.8	4	0.9	2.3	89.3	3.0
Pstat=	-4	5	0.5	1.3	88.0	1.9
Tm=	105.3	6	1.7	4.4	83.6	0.9
Delta h=	1.8	7	2.1	5.5	78.1	0.57
Delta p=	0.50	8	5.1	13.3	64.8	0.39
Dn=	0.25	Backup	24.8	64.8	0.0	
Y=	0.981	Total	38.3	100.0	-	-
% Isokin=	97.8					
Imp ACFM=	0.86					



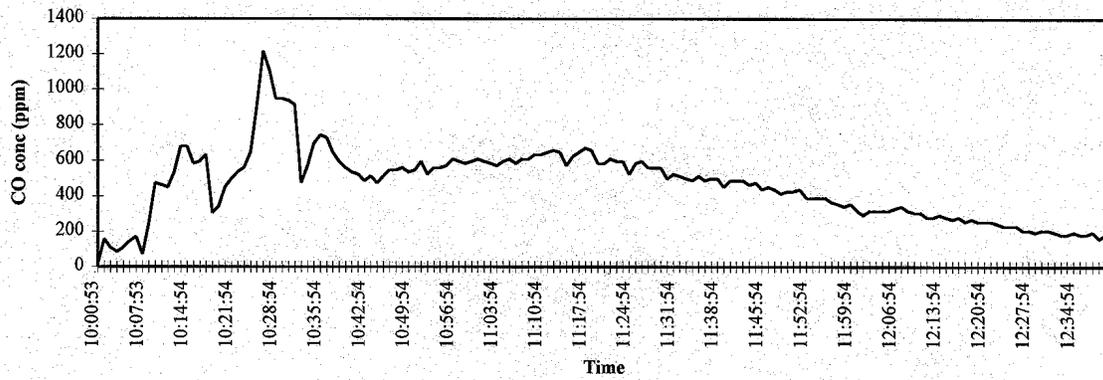
## **APPENDIX G**

### **CEM Concentration Data During the Test Run**

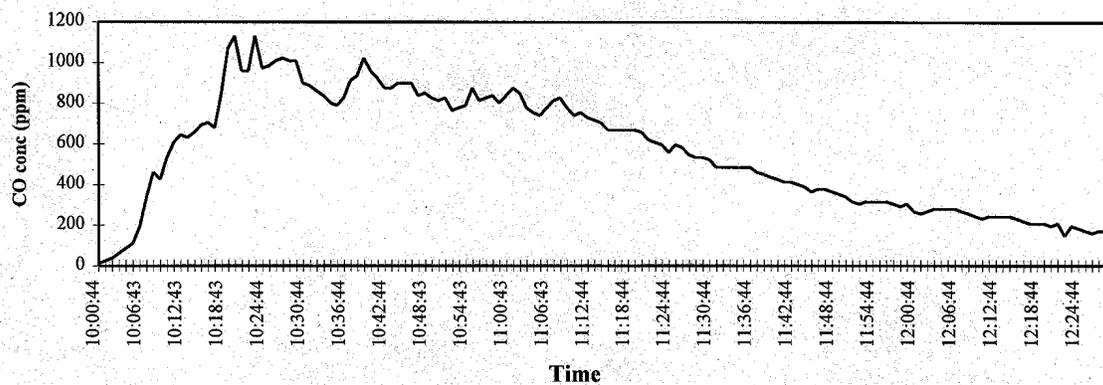
**CO Dilute Conc. for Test: MC1**



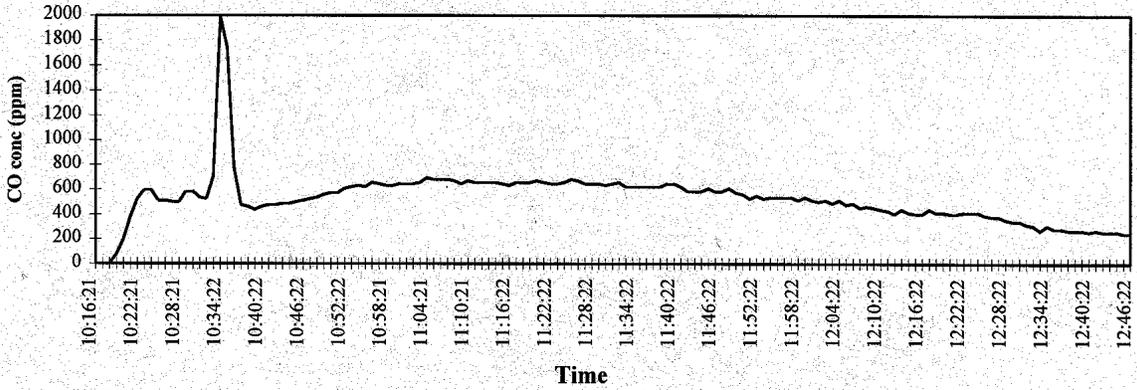
**CO Dilute Conc. for Test: MC2**



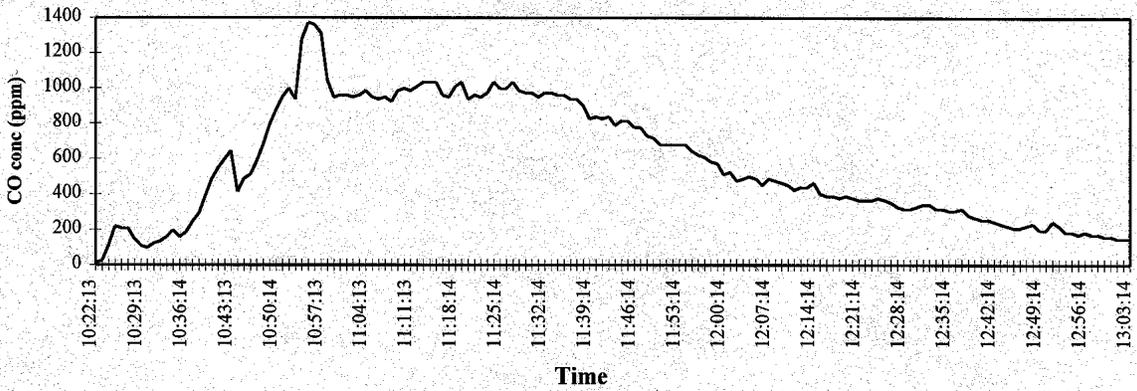
**CO Dilute Conc. for Test: MC3**



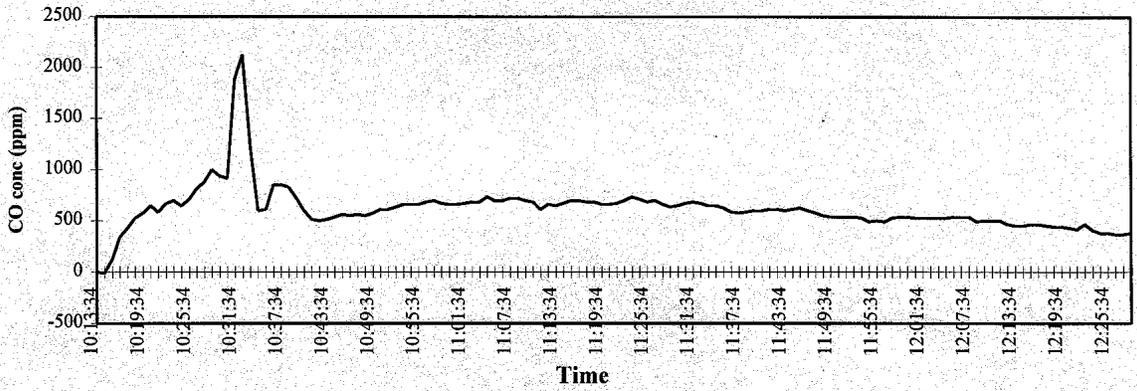
**CO Dilute Conc. for Test: MC4**



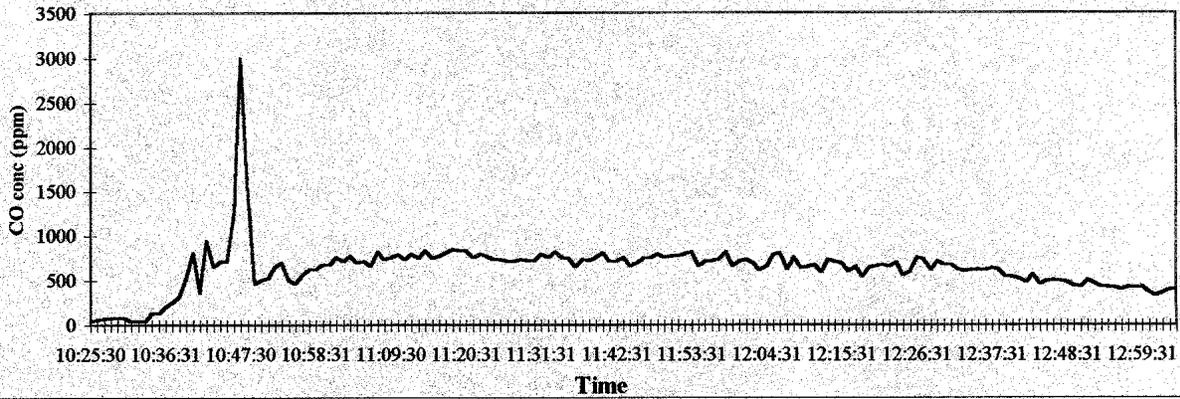
**CO Dilute Conc. for Test: MC5**



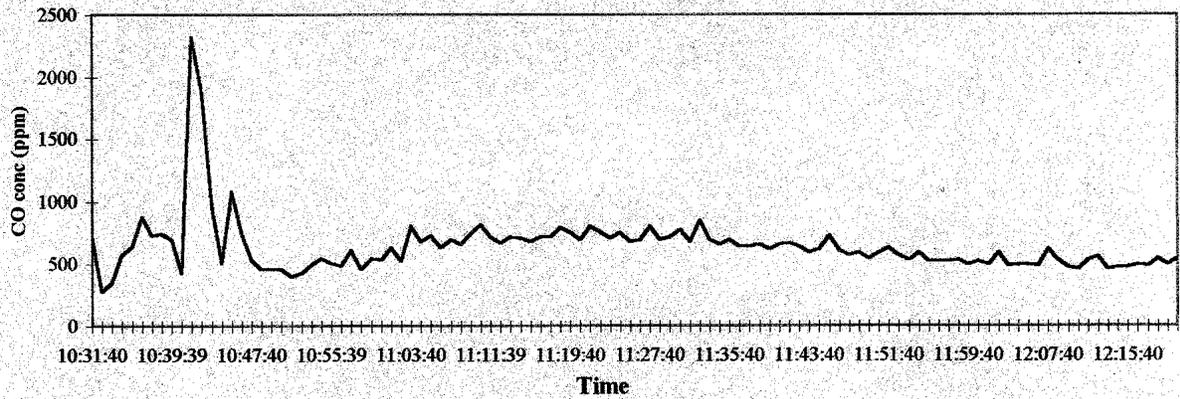
**CO Dilute Conc. for Test: MC6**



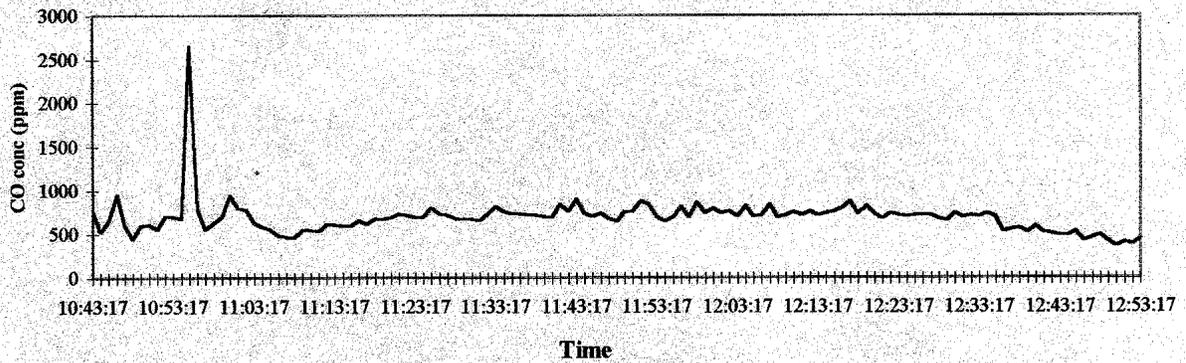
**CO Dilute Conc. for Test: MC7**



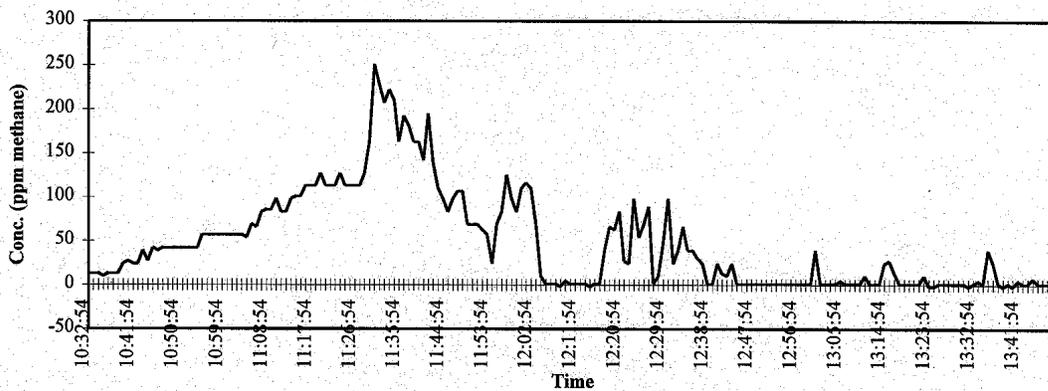
**CO Dilute Conc. for Test: MC8**



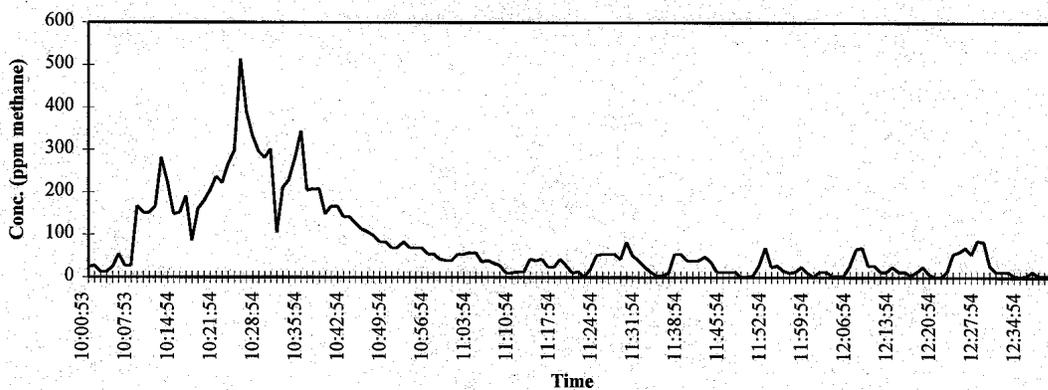
**CO Dilute Conc. for Test: MC9**



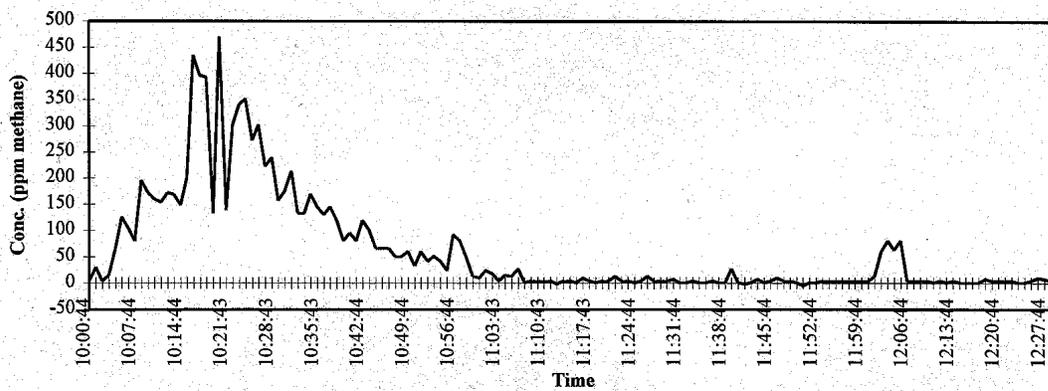
### THC Concentrations for Test: MC1



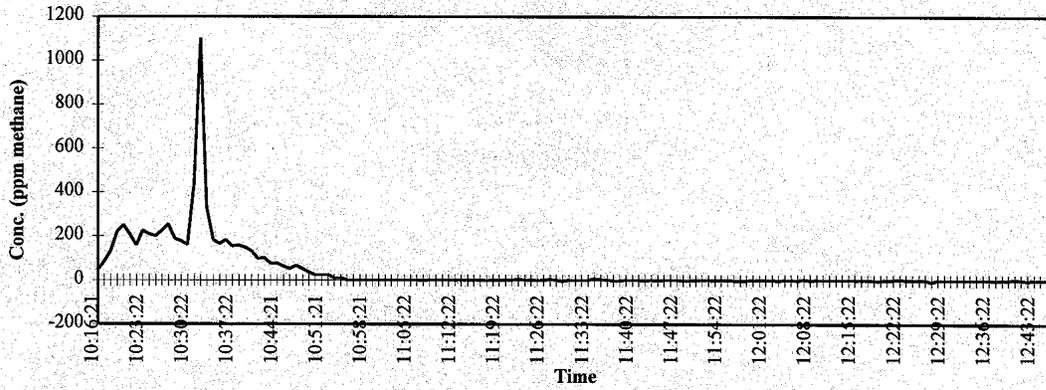
### THC Concentrations for Test: MC2



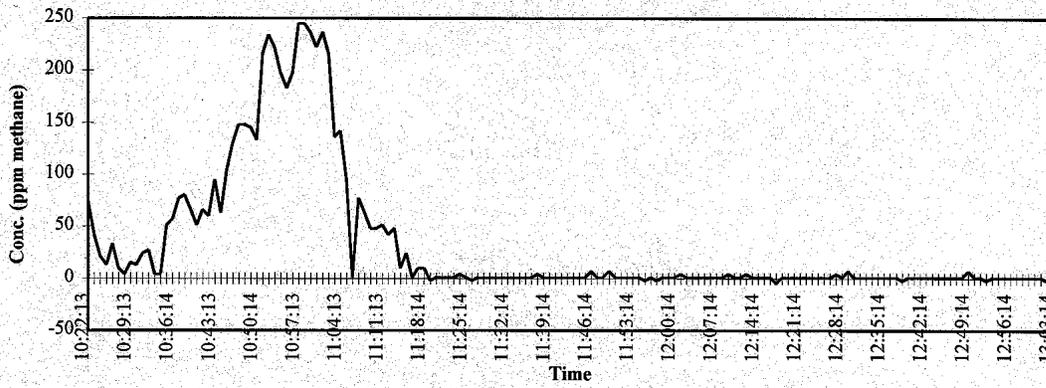
### THC Concentrations for Test: MC3



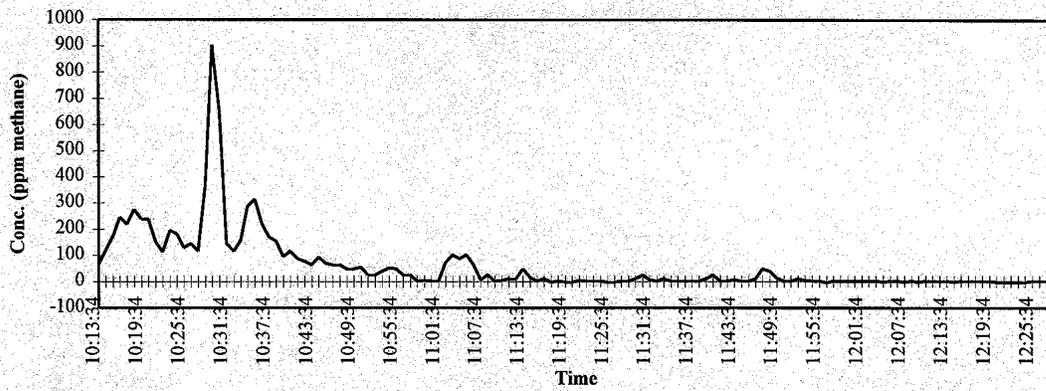
### THC Concentrations for Test: MC4



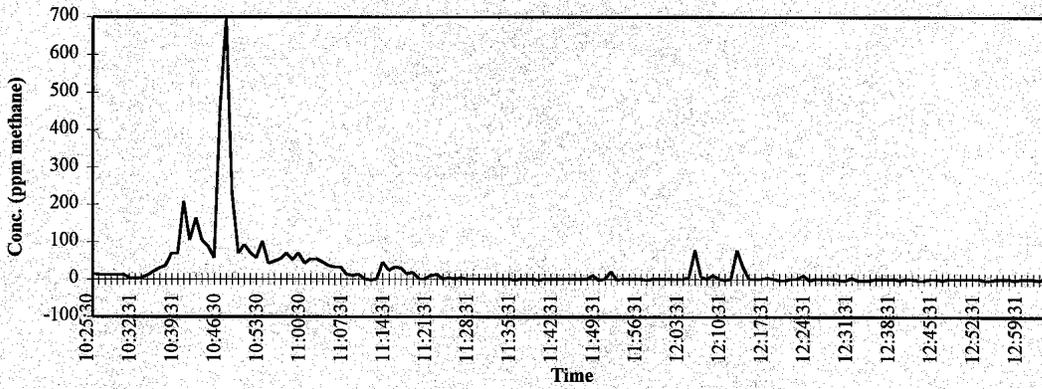
### THC Concentrations for Test: MC5



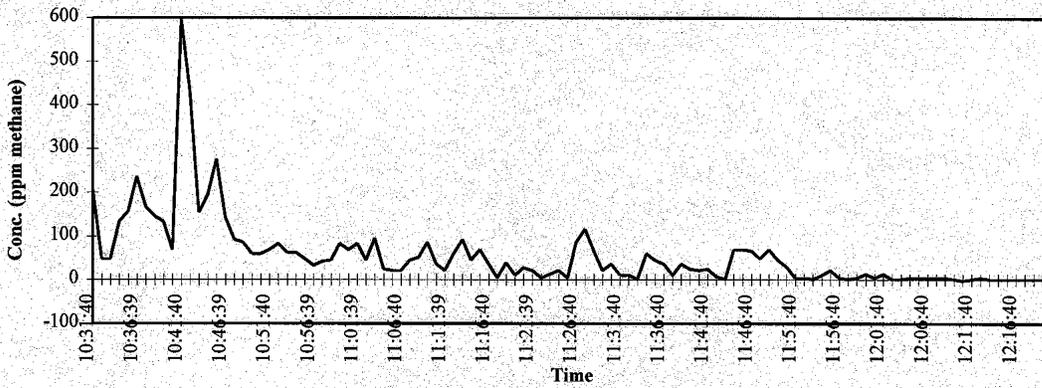
### THC Concentrations for Test: MC6



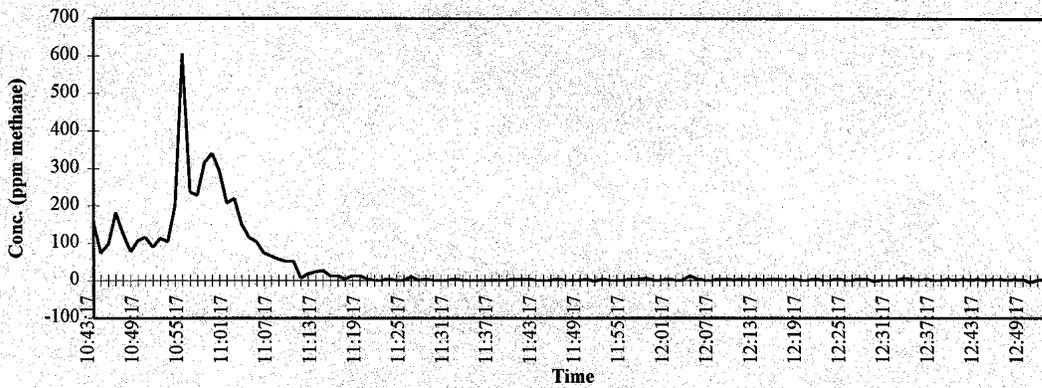
**THC Concentrations for Test: MC7**

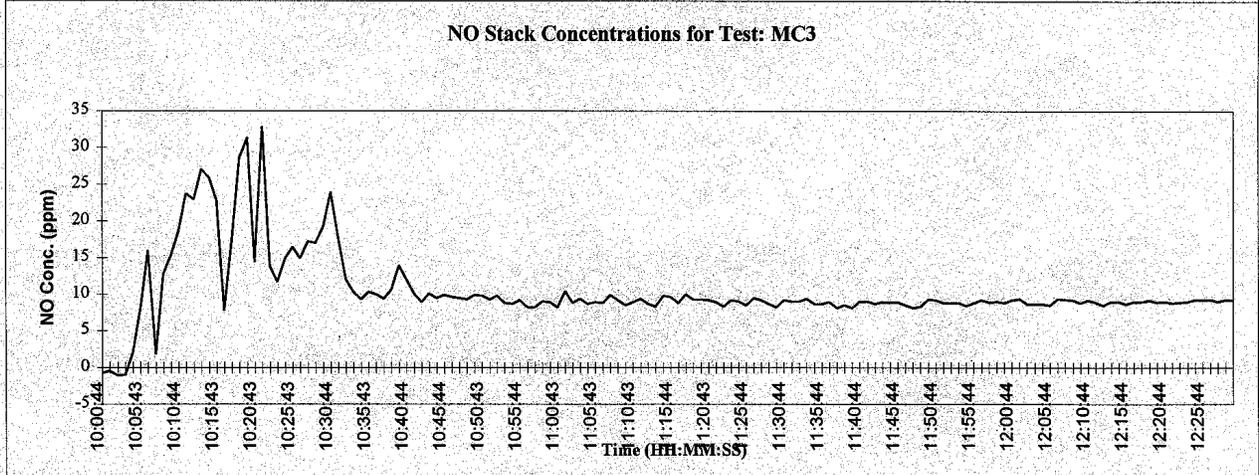
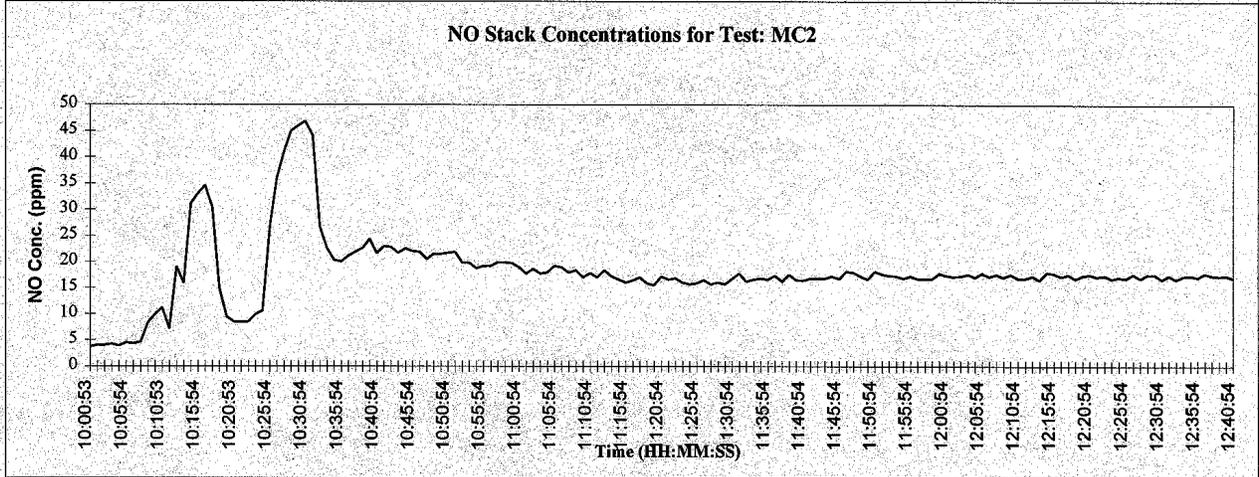
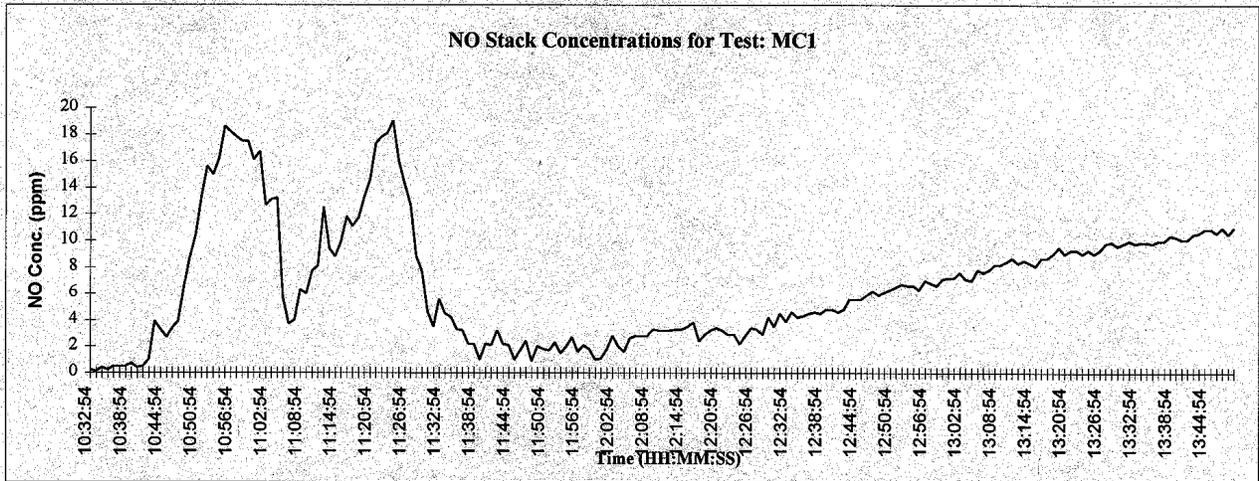


**THC Concentrations for Test: MC8**

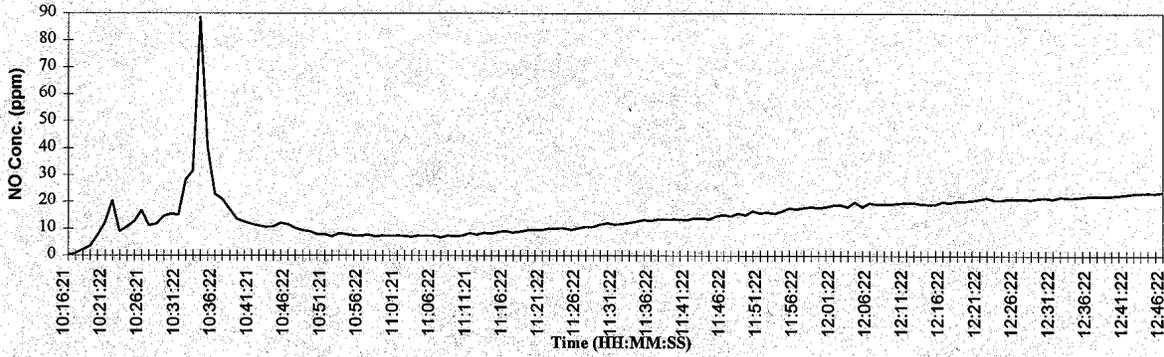


**THC Concentrations for Test: MC9**

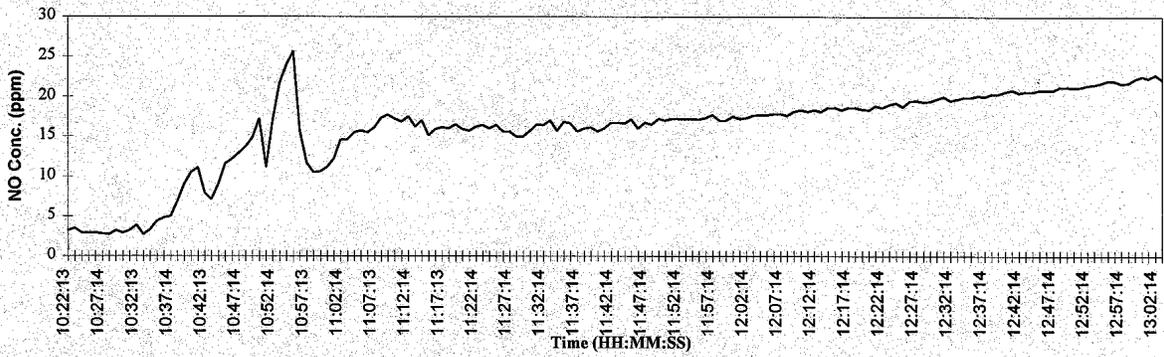




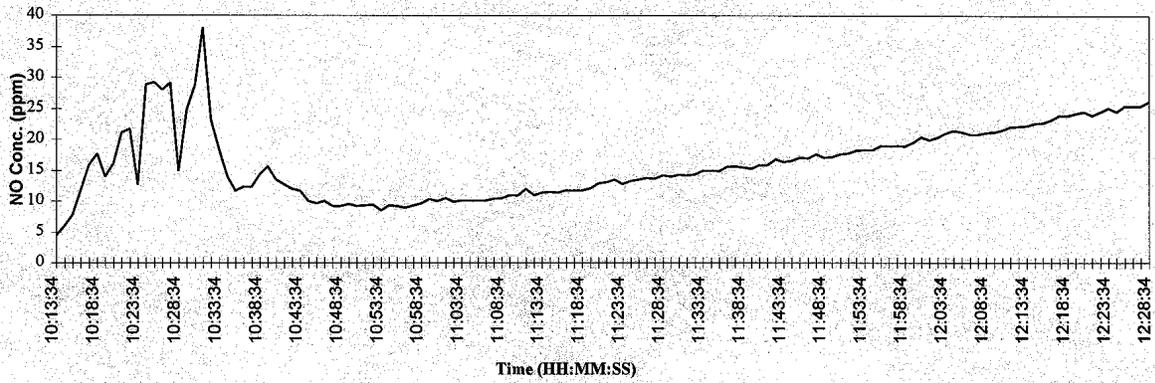
NO Stack Concentrations for Test: MC4

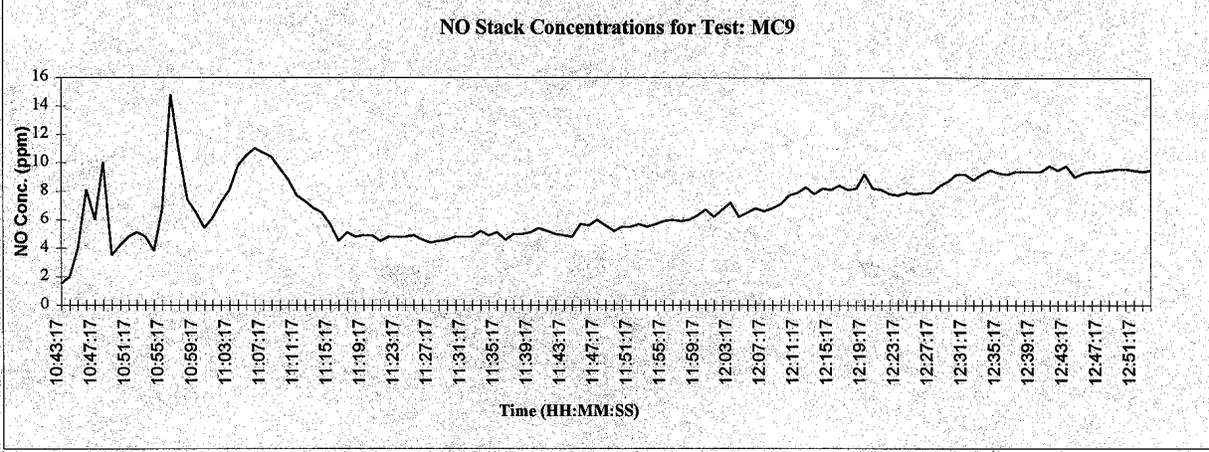
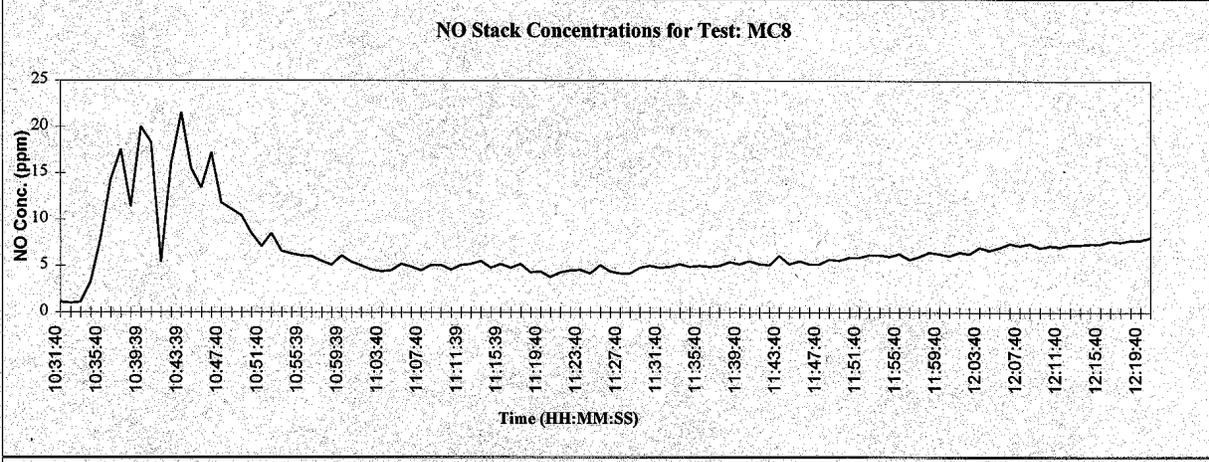
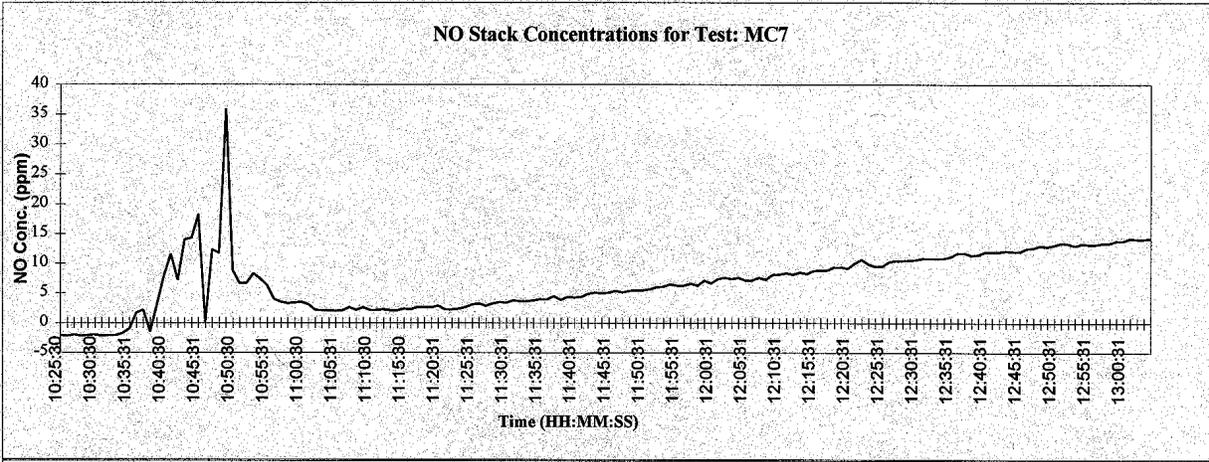


NO Stack Concentrations for Test: MC5

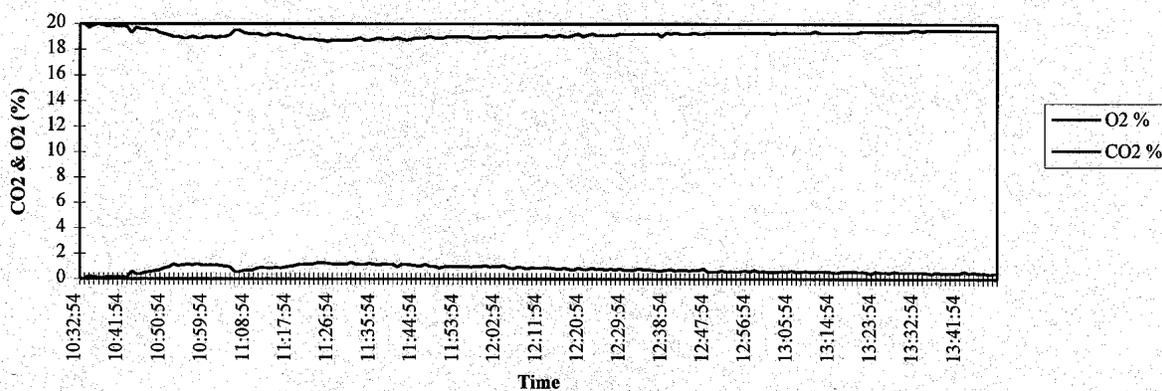


NO Stack Concentrations for Test: MC6

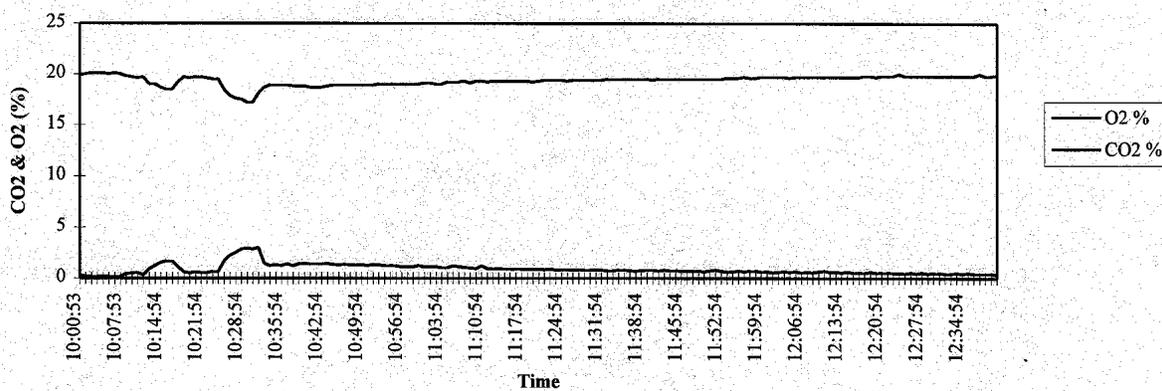




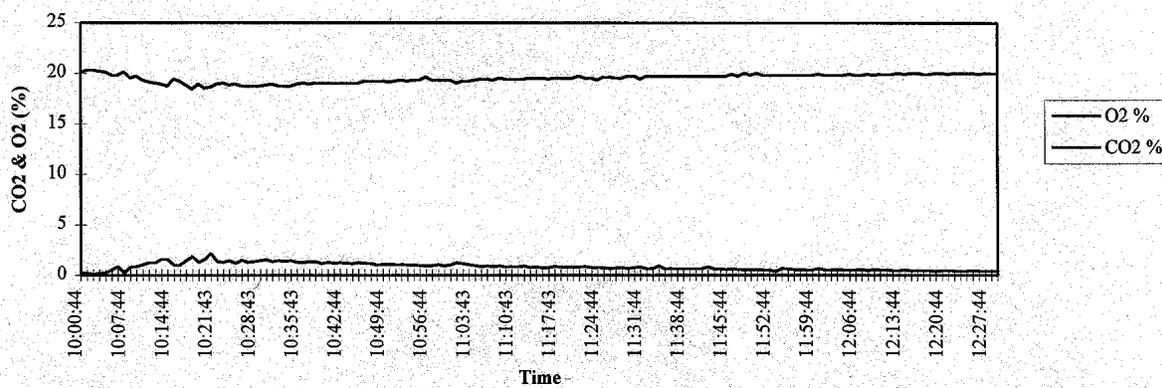
CO2 and O2 Conc. for Test: MC1



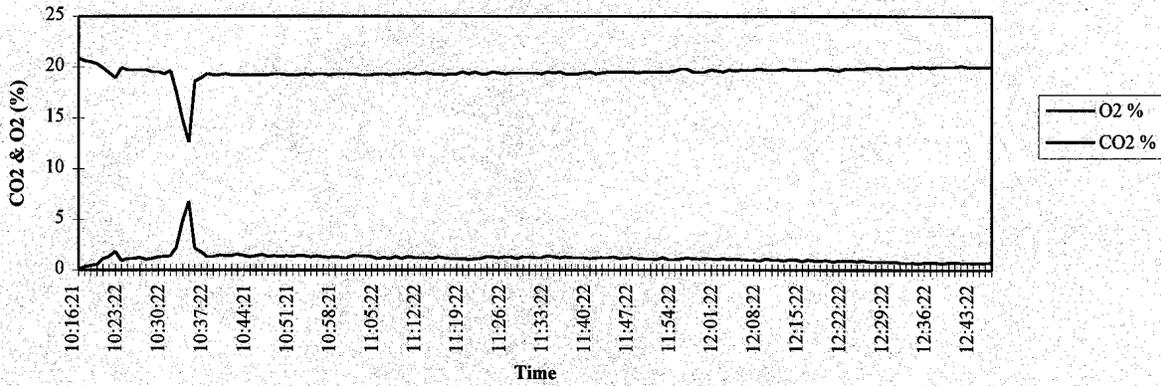
CO2 and O2 Conc. for Test: MC2



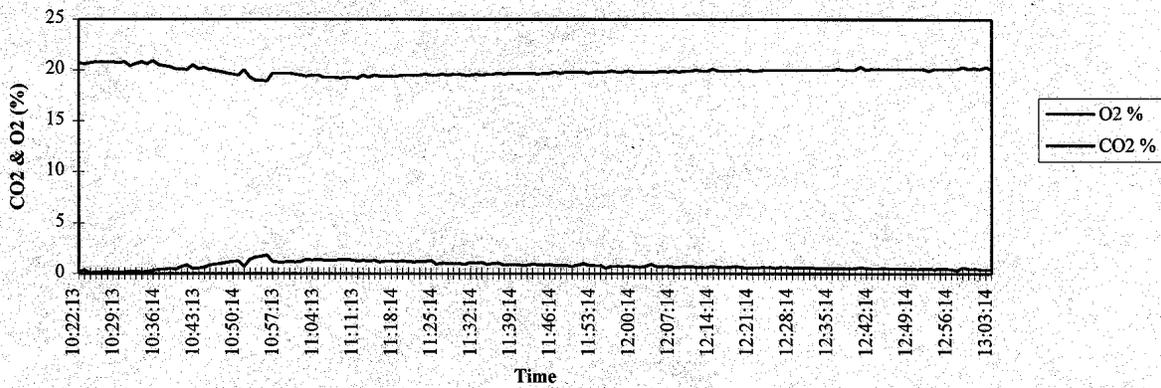
CO2 and O2 Conc. for Test: MC3



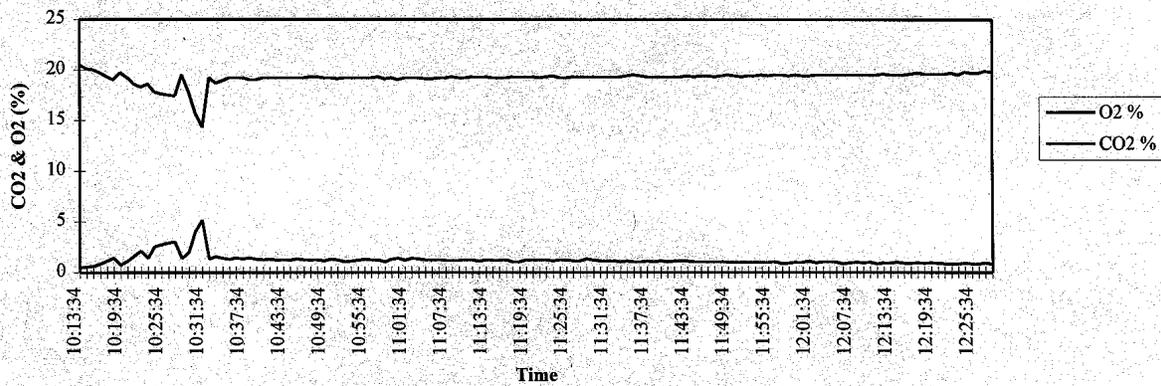
CO2 and O2 Conc. for Test: MC4



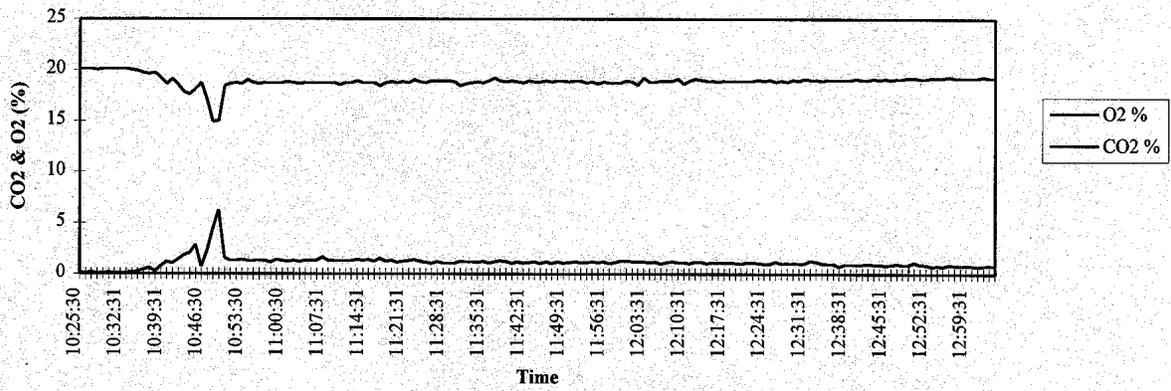
CO2 and O2 Conc. for Test: MC5



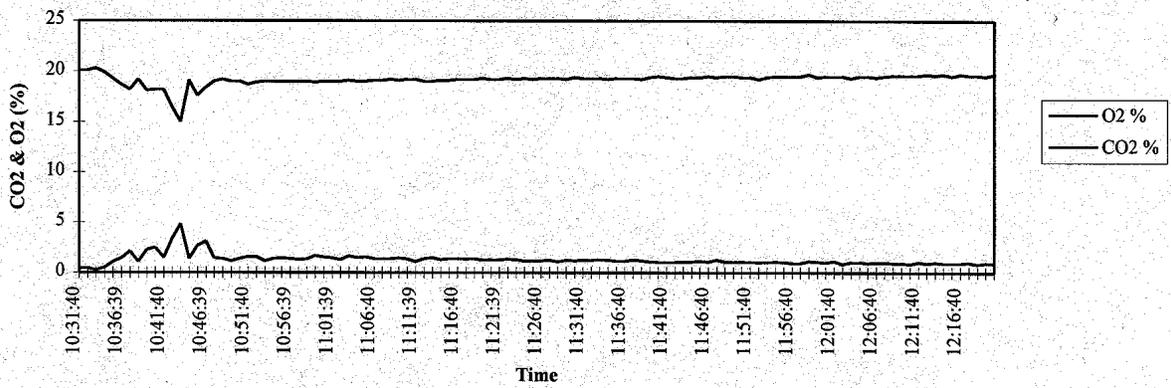
CO2 and O2 Conc. for Test: MC6



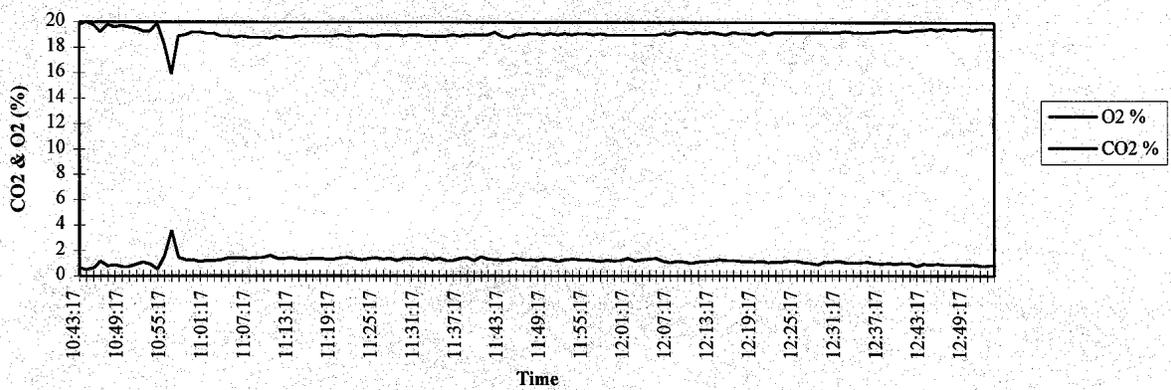
CO2 and O2 Conc. for Test: MC7



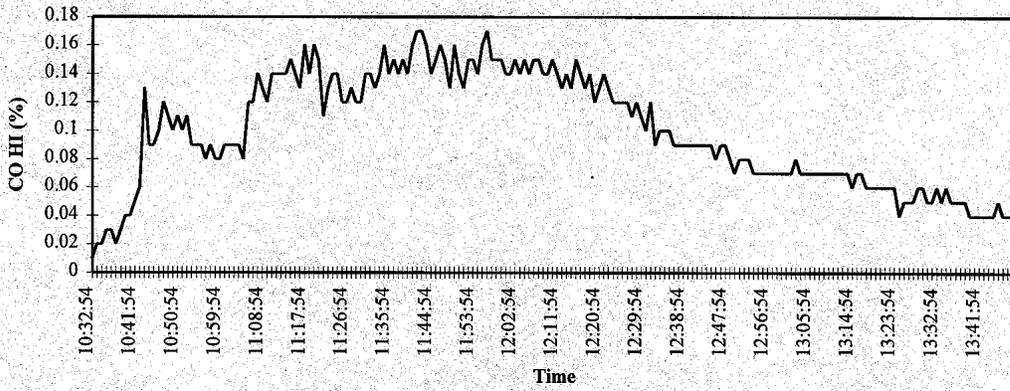
CO2 and O2 Conc. for Test: MC8



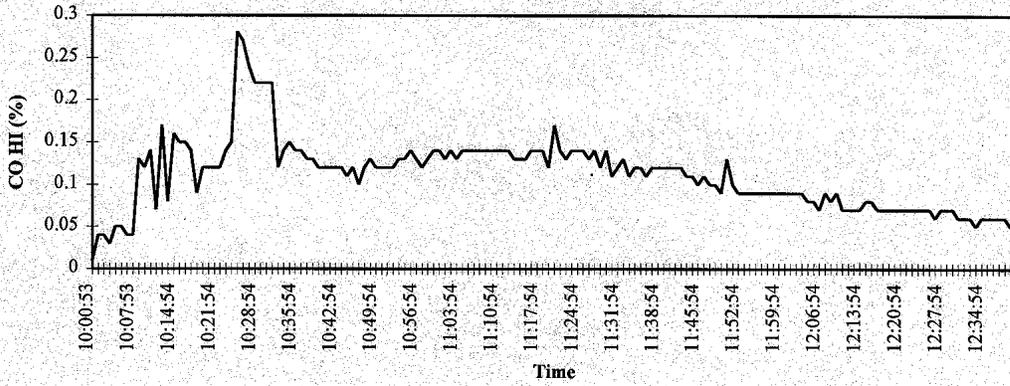
CO2 and O2 Conc. for Test: MC9



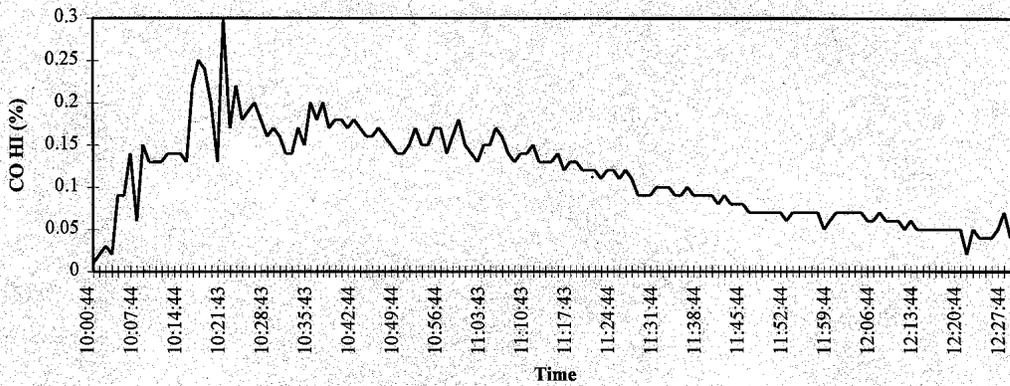
**CO HI Stack Conc. for Test: MC1**



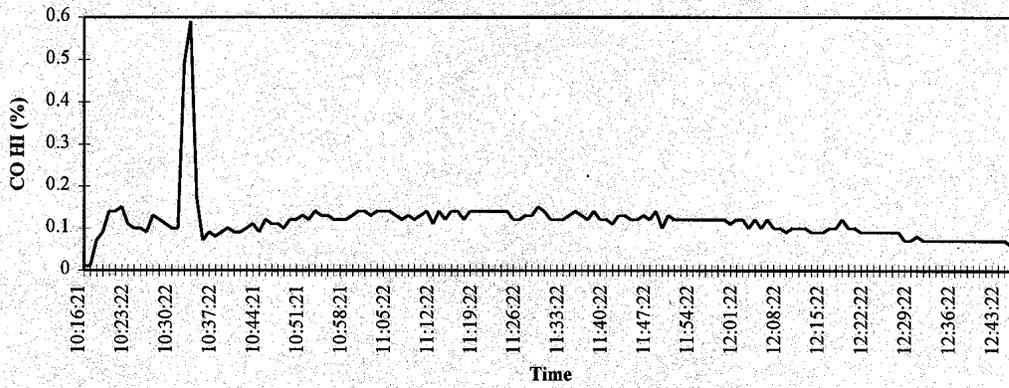
**CO HI Stack Conc. for Test: MC2**



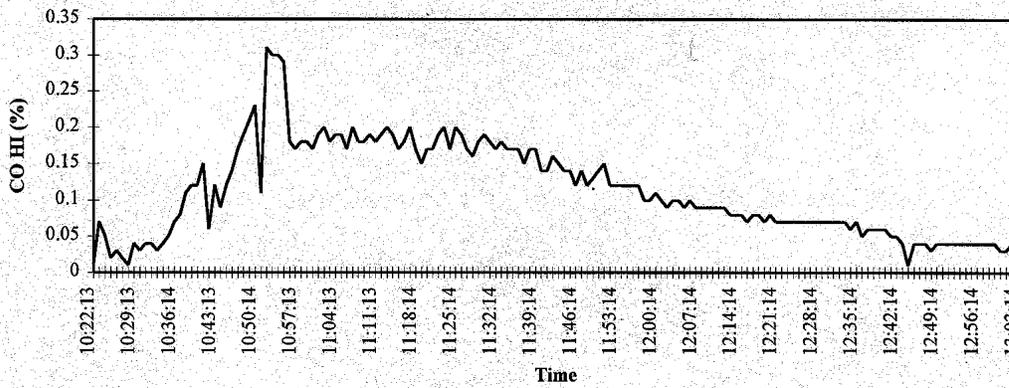
**CO HI Stack Conc. for Test: MC3**



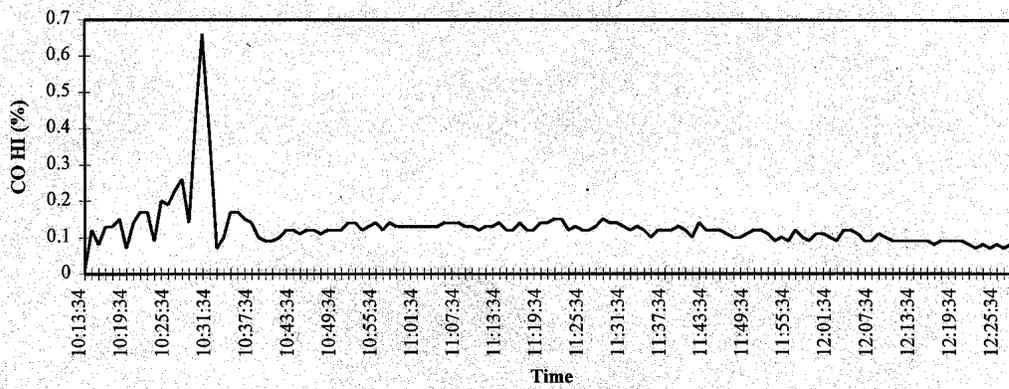
**CO HI Stack Conc. for Test: MC4**



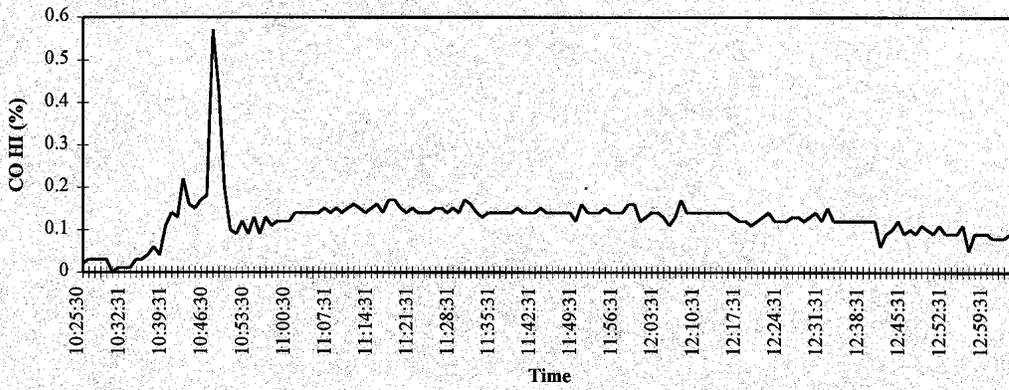
**CO HI Stack Conc. for Test: MC5**



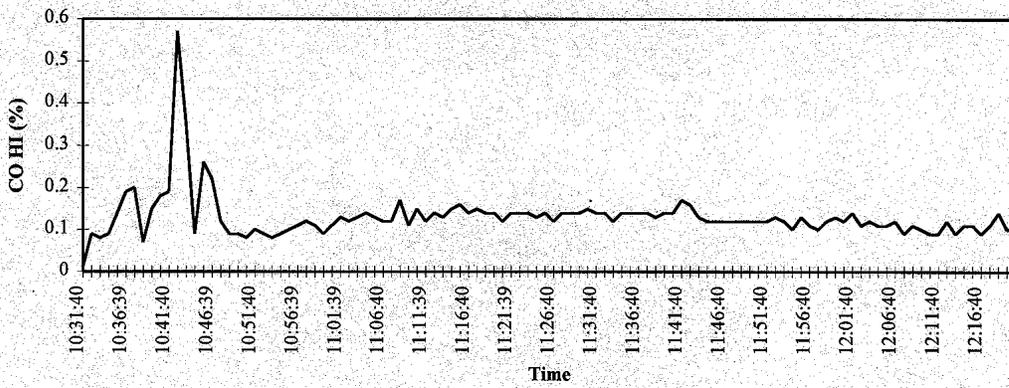
**CO HI Stack Conc. for Test: MC6**



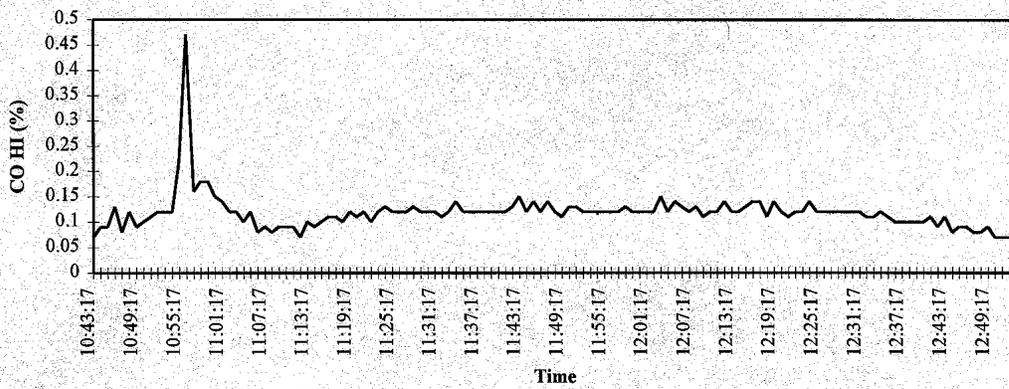
**CO HI Stack Conc. for Test: MC7**



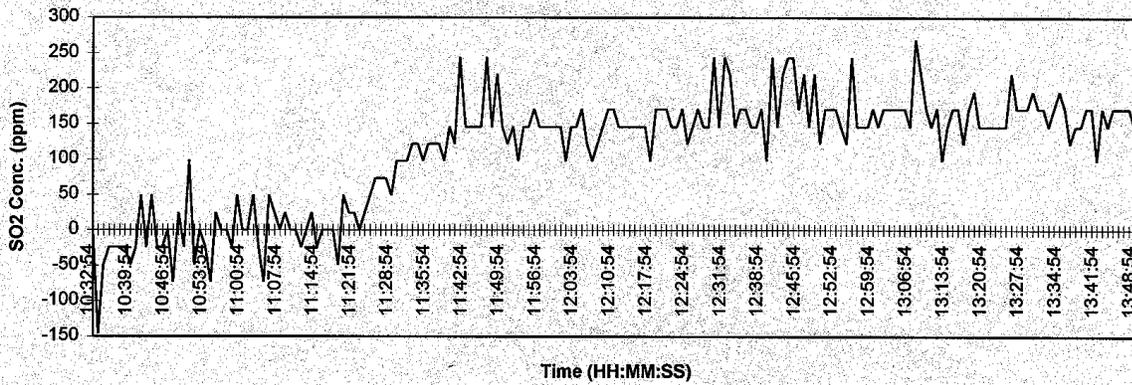
**CO HI Stack Conc. for Test: MC8**



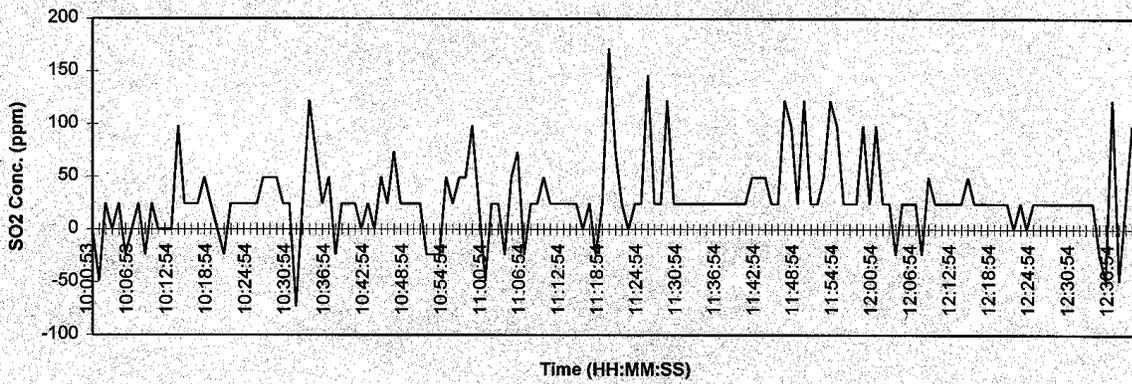
**CO HI Stack Conc. for Test: MC9**



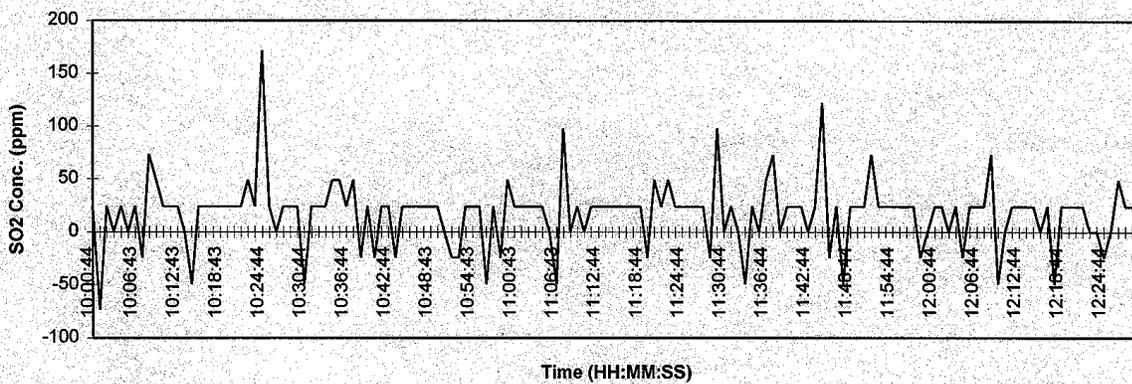
SO2 Concentration for Test: MC1



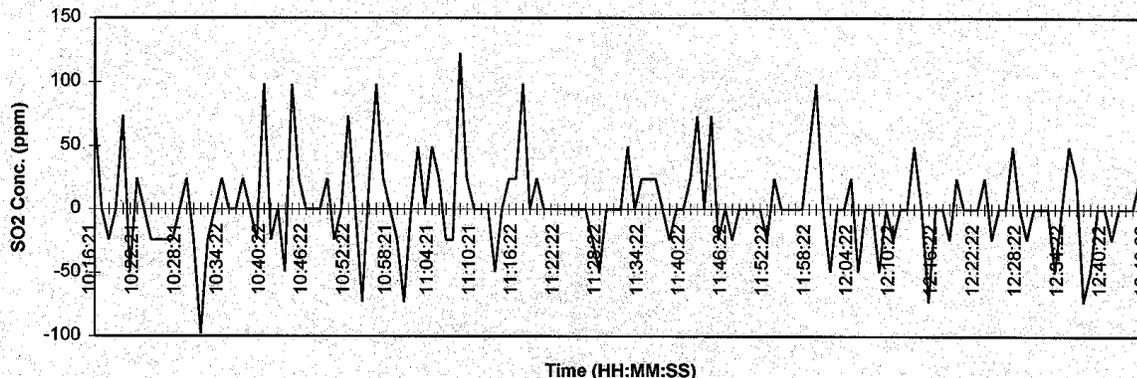
SO2 Concentration for Test: MC2



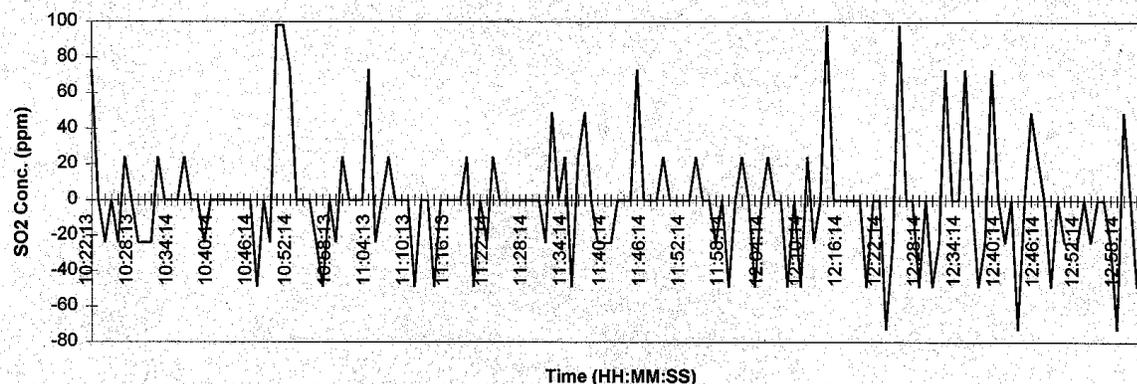
SO2 Concentration for Test: MC3



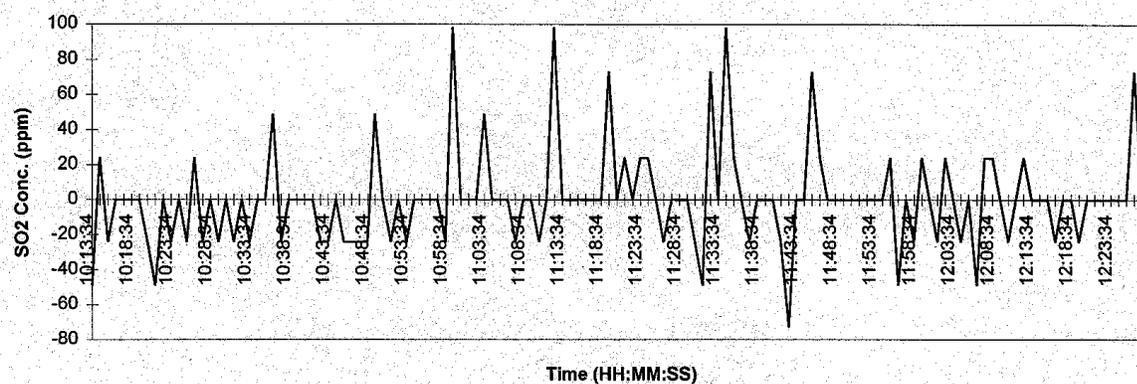
SO2 Concentration for Test: MC4



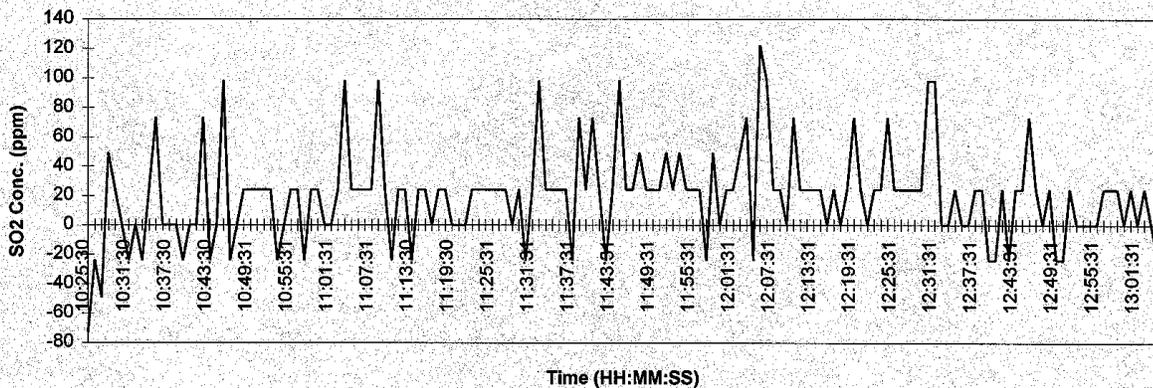
SO2 Concentration for Test: MC5



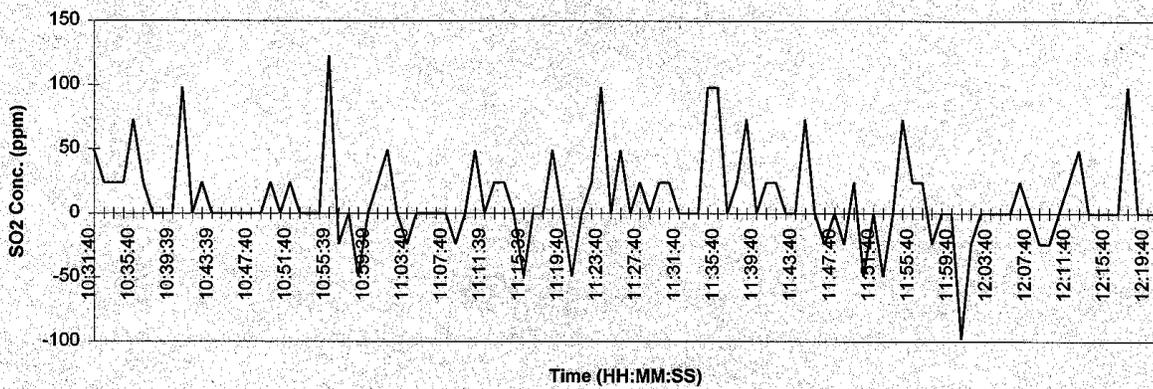
SO2 Concentration for Test: MC6



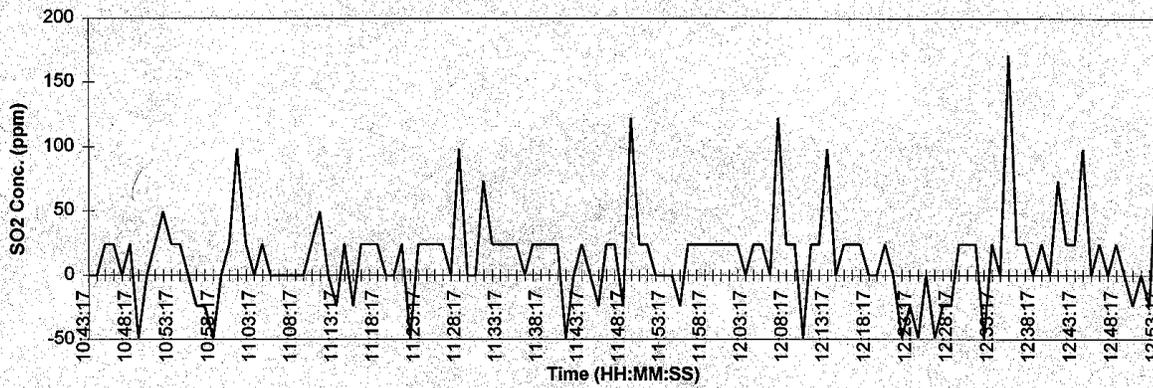
SO2 Concentration for Test: MC7



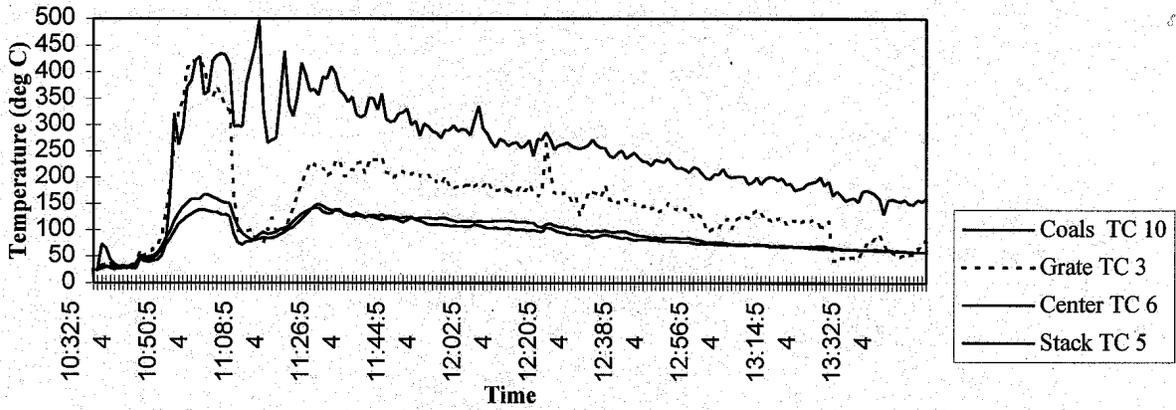
SO2 Concentration for Test: MC8



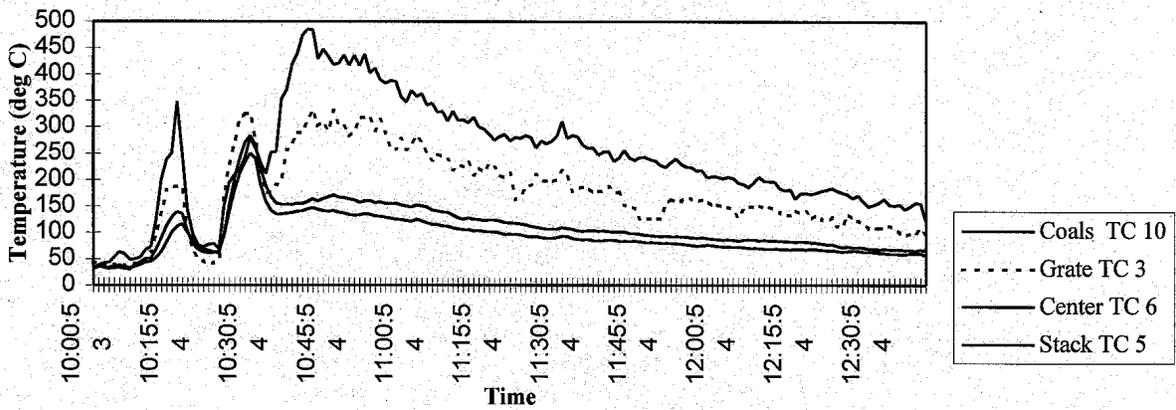
SO2 Concentration for Test: MC9



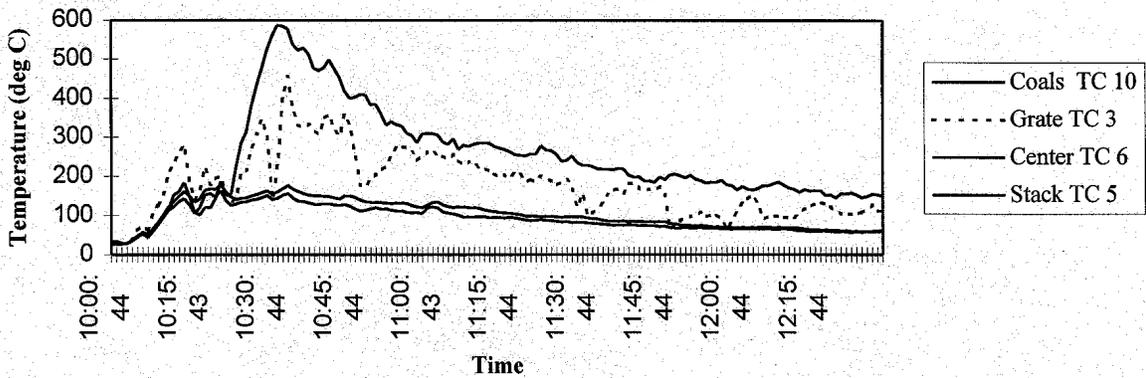
**Temperatures for Test: MC1**



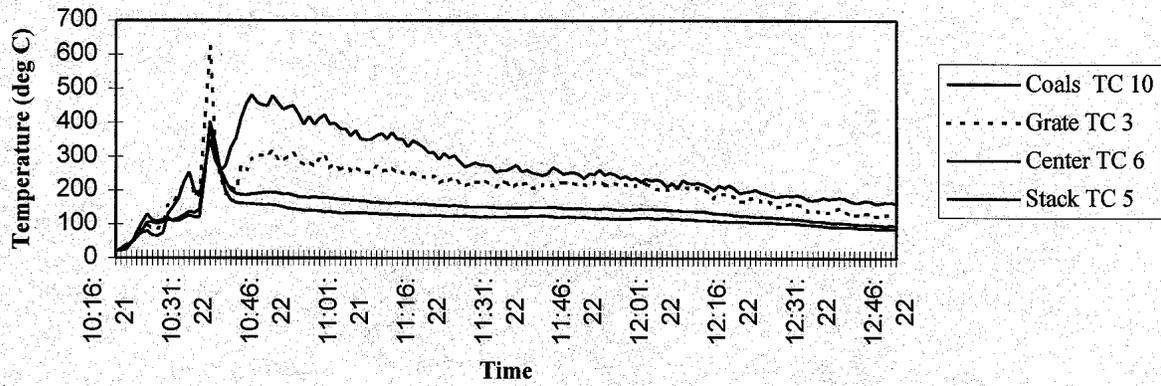
**Temperatures for Test: MC2**



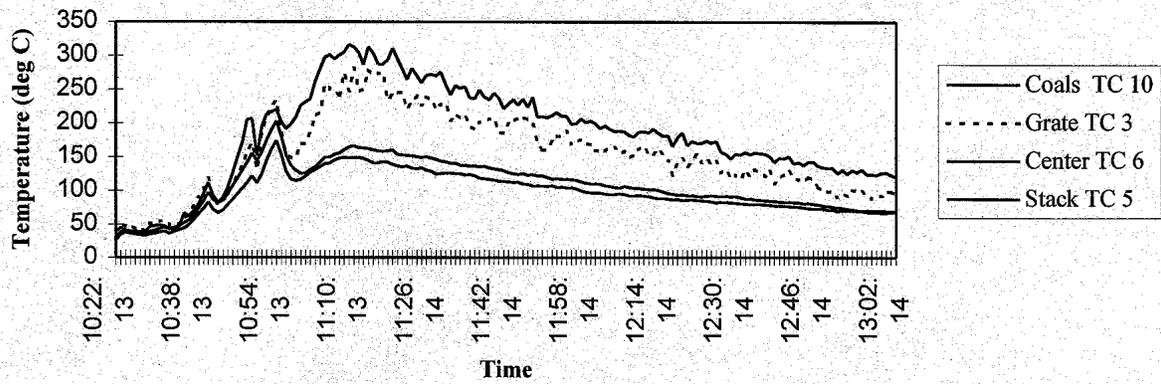
**Temperatures for Test: MC3**



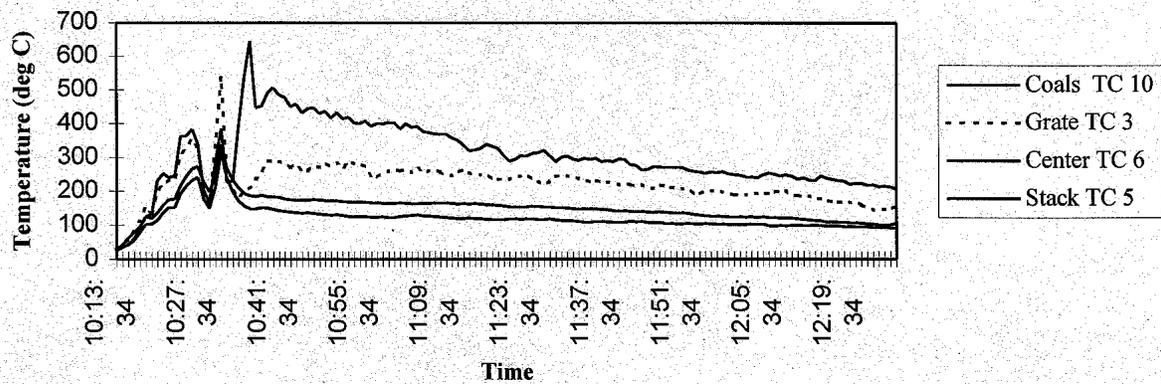
**Temperatures for Test: MC4**



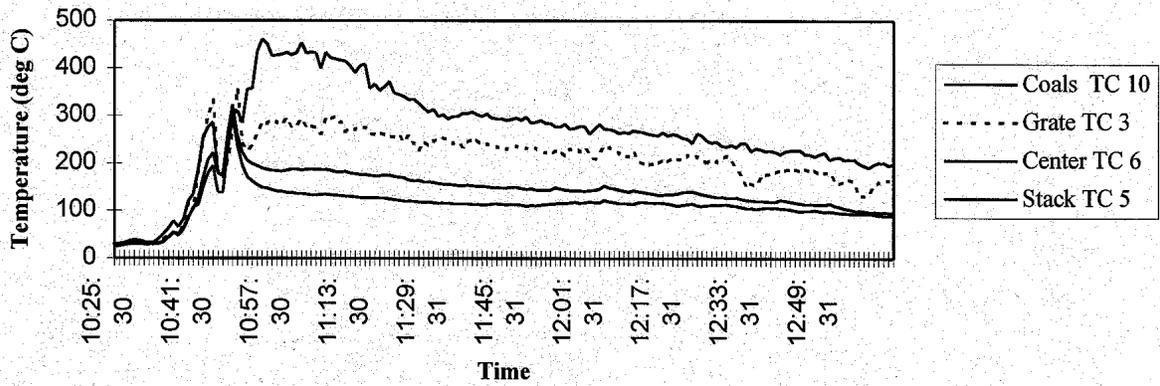
**Temperatures for Test: MC5**



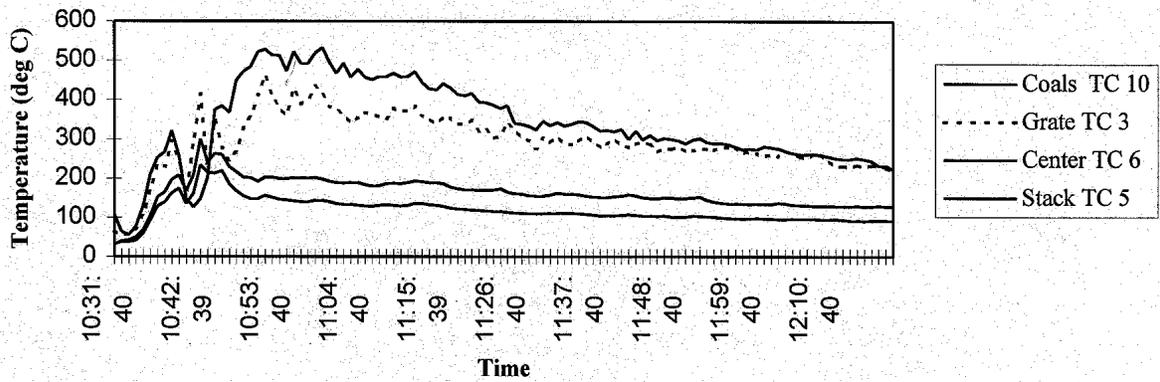
**Temperatures for Test: MC6**



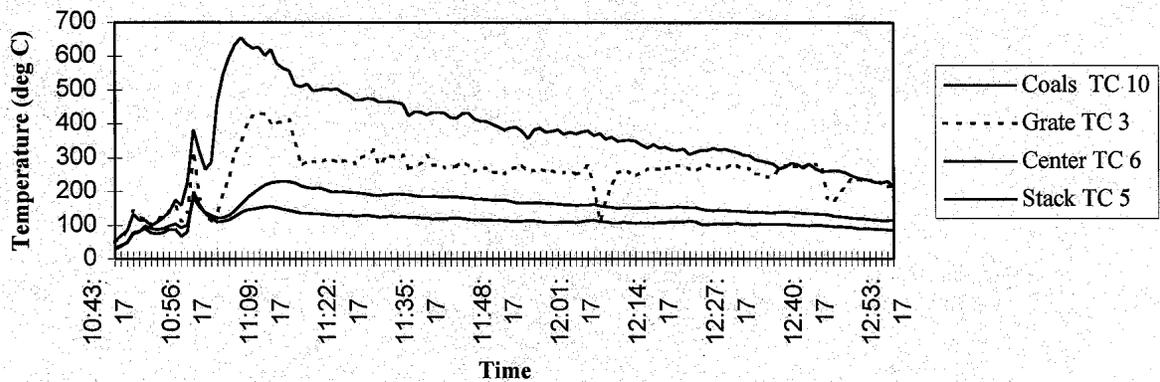
**Temperatures for Test: MC7**



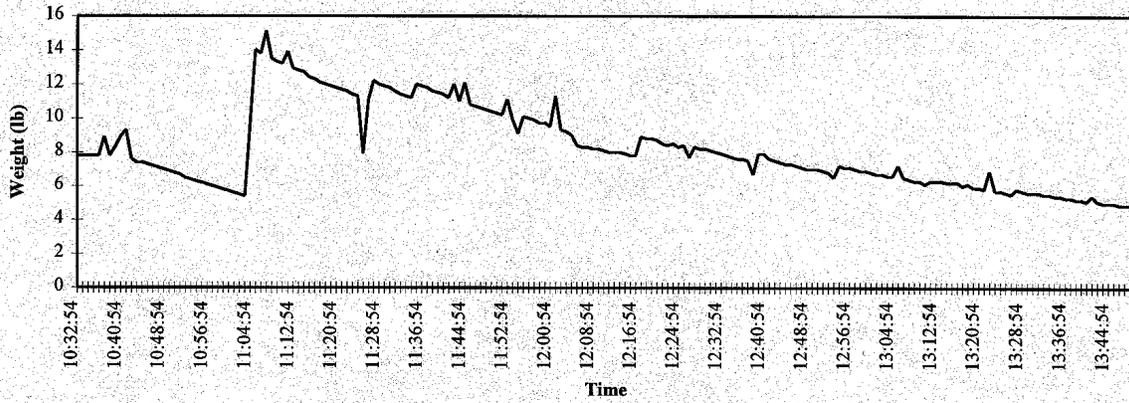
**Temperatures for Test: MC8**



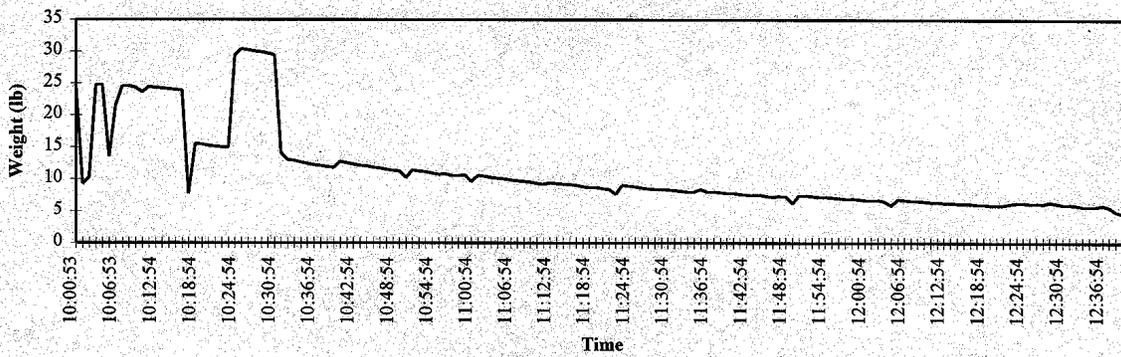
**Temperatures for Test: MC9**



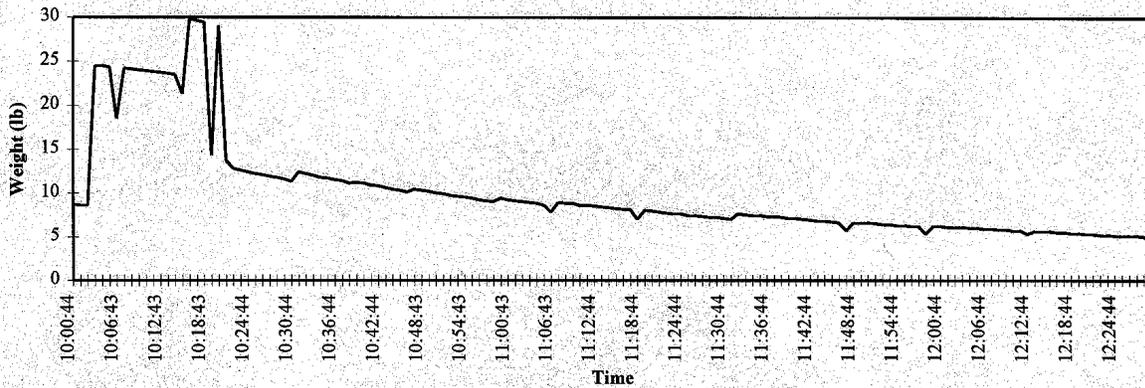
**Weight Data for Test: MC1**

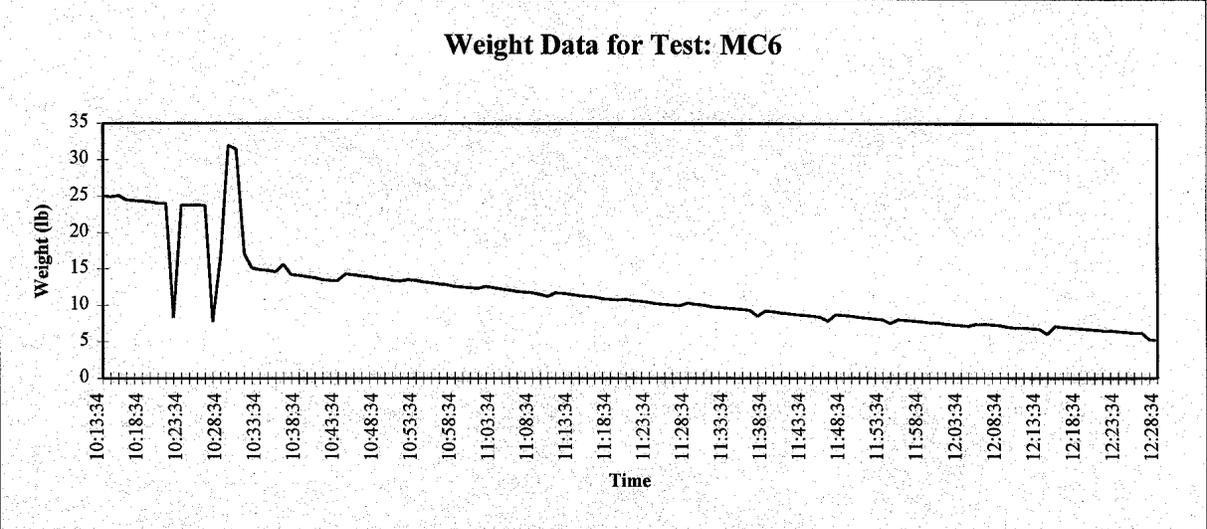
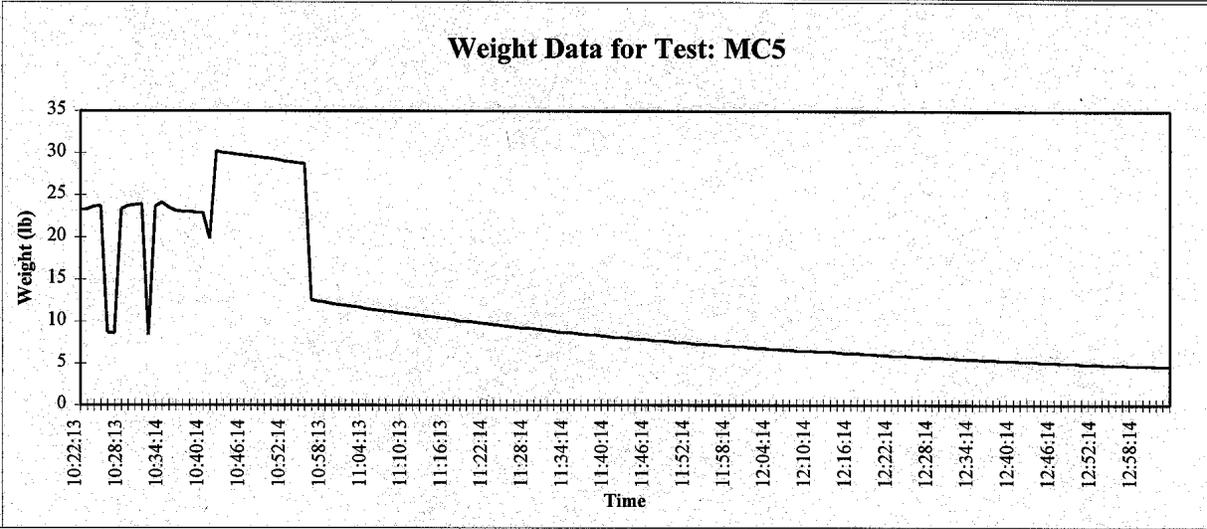
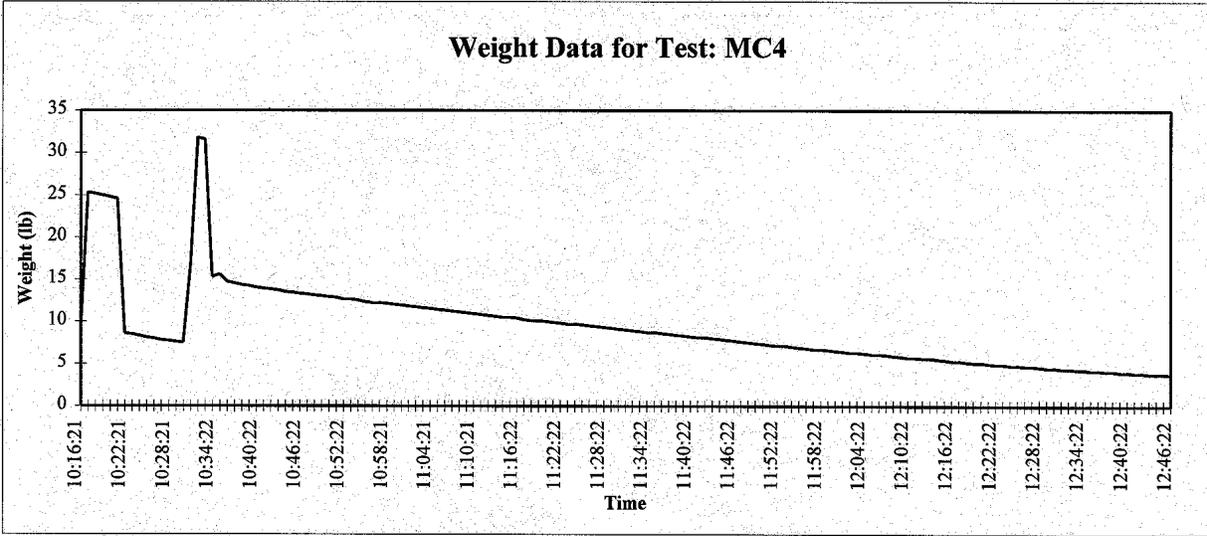


**Weight Data for Test: MC2**

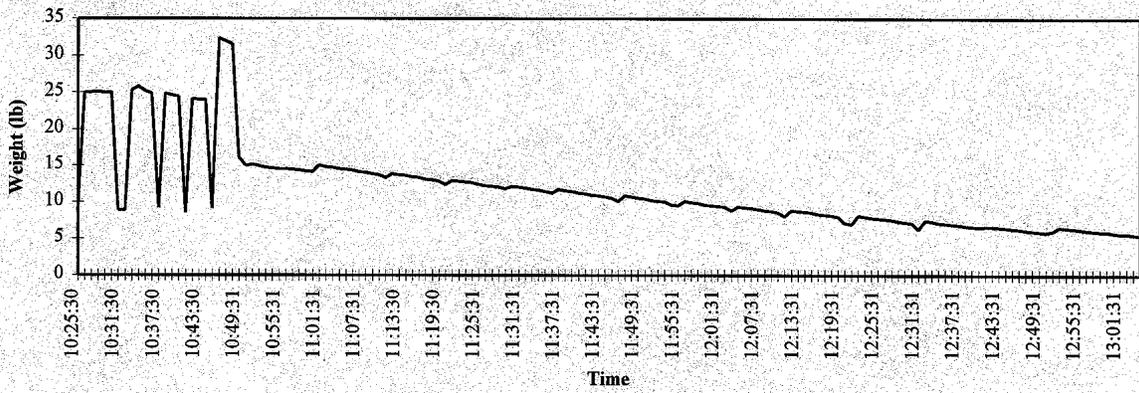


**Weight Data for Test: MC3**

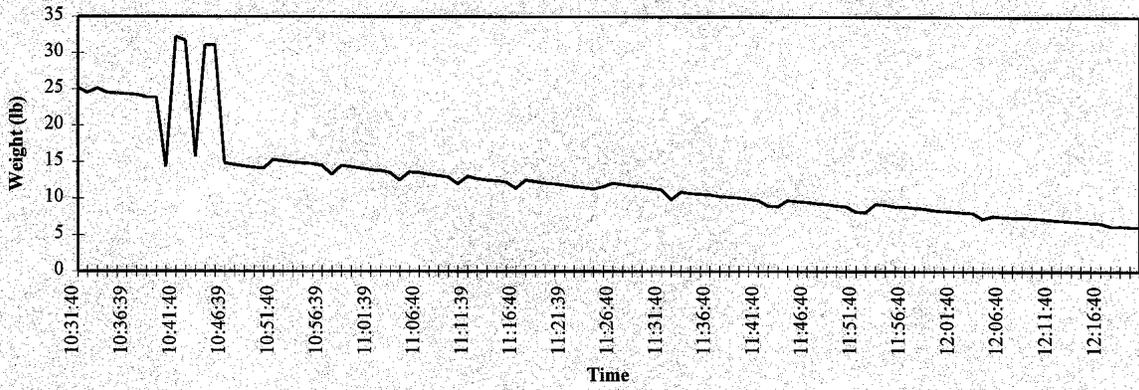




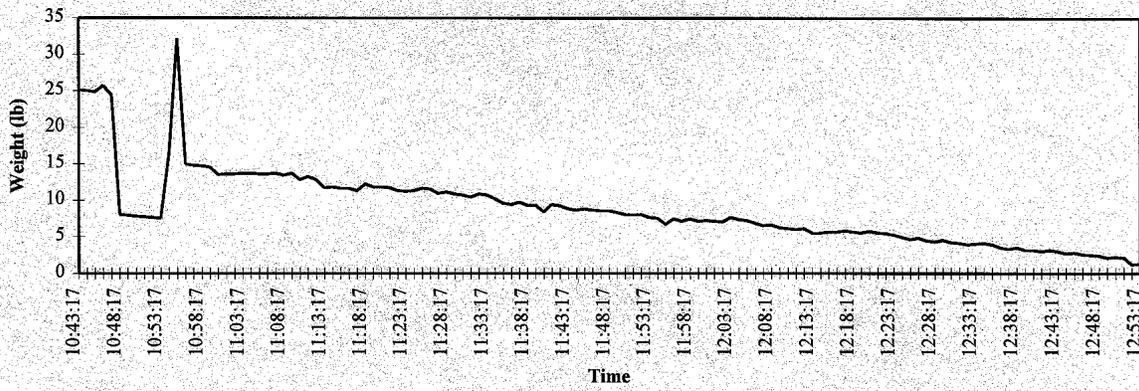
**Weight Data for Test: MC7**



**Weight Data for Test: MC8**



**Weight Data for Test: MC9**



**APPENDIX H**  
**VOC Emission Data**

## VOC EMISSION DATA

Target Compound	Concentration, microgram per cubic meter								
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
dichloromethane	30	ND	ND	29	44	ND	57	59	74
1,2-dichloroethane	49	45	78	ND	11	56	70	48	99
benzene	1632	1675	1429	232	406	1979	2419	1812	757
toluene	575	733	605	25	117	758	865	647	258
ethyl benzene	109	134	93	ND	12	167	193	124	65
m,p-xylene	88	108	97	19	34	89	101	83	125
o-xylene	74	100	81	ND	13	146	163	110	197
styrene	682	436	558	48	33	897	1162	689	39
Tetatively Identified Compound	Concentration, microgram per cubic meter								
ethanol	124	2539	2359	1205	1411	1036	3675	1883	2581
1-butene	106	1652	1667	ND	53	1305	1934	1687	707
1,3-butadiene	155	1097	2109	ND	ND	1799	3113	2506	1065
1,2-dimethyl cyclopropane	80	1255	1302	ND	ND	1005	1451	1207	507
2-methyl-1,3-butadiene	33	594	599	ND	ND	ND	ND	ND	ND
cyclopentene	42	2056	2441	ND	ND	509	828	668	952
1-hexene	142	583	602	ND	ND	1871	2625	2250	826
1-heptene	126	1888	2309	ND	ND	1851	2681	1905	259
n-heptane	39	736	860	ND	ND	560	776	ND	ND
1-decene	39	408	740	ND	ND	646	779	ND	ND
2-propanone	ND	ND	ND	72	47	ND	ND	ND	ND
carbon disulfide	ND	ND	ND	52	53	ND	ND	ND	ND
methyl furan	ND	ND	ND	205	48	ND	ND	ND	ND
3-buten-2-one	ND	ND	ND	66	ND	ND	ND	ND	ND
isoprene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	773	ND	232

**APPENDIX I**  
**SVOC Emission Data**

# SVOC EMISSION DATA

## SVOC RESULTS (FILTER)

Target Compound	micrograms								
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
phenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
benzyl alcohol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,4-dichlorobenzene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-methyl phenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
acetophenone	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
methyl phenol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
naphthalene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-methylnaphthalene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
acenaphthylene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
dibenzofuran	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
fluorene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
phenanthrene	12	16	8	ND	ND	16	24	9	ND
fluoranthene	6	8	6	ND	ND	5	8	ND	ND
pyrene	7	6	6	ND	ND	ND	5	ND	ND
diethyl phthalate	ND	52	35	ND	ND	ND	ND	ND	ND
di-n-butyl phthalate	ND	6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
benzene butyl phthalate	ND	6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tetatively Identified Compound	micrograms								
hexanoic acid	62	97	ND	ND	ND	50	63	ND	ND
2-heptadecanone	160	150	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
hexadecanoic acid	370	400	200	ND	ND	ND	ND	540	ND
2-heptadecanone	90	ND	ND	ND	ND	ND	ND	51	ND
9-octadecanone	300	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
octadecanoic acid	120	ND	67	ND	ND	250	180	150	48
5-hydroxydecanoic	59	ND	ND	ND	ND	250	ND	ND	ND
n-tetradecanoic acid	63	ND	53	ND	ND	75	ND	81	ND
1-methyl phenol	70	ND	ND	ND	ND	75	ND	ND	ND
9-octadecenamamide	97	120	60	ND	ND	120	ND	71	ND
bi-hexanedioic acid	88	120	ND	ND	ND	120	ND	ND	ND
9,12-octadecadienoic	57	ND	ND	ND	ND	120	ND	ND	ND
6,9-heptadecad	ND	79	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9-hexadecenoic acid	ND	87	ND	ND	ND	71	250	57	ND
4-ethyl-4-methyl-1-h	ND	49	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
stearic acid	ND	99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
nonanamide	ND	73	ND	ND	ND	66	ND	ND	20
4,4-phenol	ND	56	51	22	ND	ND	ND	ND	ND
oleic acid	ND	72	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-heptadecene	ND	ND	60	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-pentadecanone	ND	ND	140	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-nonadecanone	ND	ND	90	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9-octadecanoic acid	ND	ND	160	ND	ND	71	1400	ND	ND
1,4-octadecenoic acid	ND	ND	54	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,4-dimethyl heptane	ND	ND	ND	ND	49	ND	ND	ND	ND
4-hydro 2-pentanone	ND	ND	ND	ND	40	ND	ND	ND	ND
2,4,6-trimet octane	ND	ND	ND	ND	40	ND	ND	ND	ND
heptadecanone	ND	ND	ND	ND	44	ND	ND	ND	ND
2,6-bis phenol	ND	ND	ND	ND	120	ND	ND	ND	ND
acrylic acid hexadec	ND	ND	ND	ND	27	ND	ND	ND	ND
2-dodecanone	ND	ND	ND	ND	ND	73	ND	ND	ND
hexadecanoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	720	970	36	180
octadecanal	ND	ND	ND	ND	ND	53	ND	ND	ND
9-octadecenoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	810	120	ND	89
decanoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	71	ND	ND
1-pentadecene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	56	ND	ND
5-do-2(3h)-furanone	ND	ND	ND	ND	ND	ND	63	ND	ND
n-tetradecanoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	93	ND	33
9-octadecen-1-ol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	69	ND	ND
pentanamide	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40	ND
dodecanamide	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	36	ND
indeno[1,2,3-cd]pyre	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	130	ND
dibenz[a,h]anthracene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	72	ND
pentanoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30
2-tridecanone	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	37
heptadecene-(8)-carb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	120
1,2-benzenedicarboxy	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	34

## SVOC RESULTS (XAD)

Target Compound	micrograms								
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9
phenol	230	240	150	65	79	190	270	170	710
benzyl alcohol	ND	ND	6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,4-dichlorobenzene	ND	ND	ND	ND	9	ND	ND	ND	ND
2-methyl phenol	15	16	10	ND	ND	11	23	8	ND
acetophenone	42	34	26	10	ND	13	17	9	5
4-methy phenol	26	44	18	ND	8	18	30	17	5
naphthalene	260	220	190	17	54	260	310	240	91
2-methylnaphthalene	58	57	43	ND	7	39	54	25	9
acenaphthylene	16	16	11	ND	ND	13	20	12	ND
dibenzofuran	32	27	23	9	16	20	24	12	8
fluorene	6	6	ND	ND	ND	8	14	ND	ND
phenanthrene	20	17	17	ND	11	17	26	8	7
2-nitrophenol	40	74	37	7	13	8	ND	ND	ND
4-nitrophenol	ND	62	ND	ND	7	ND	ND	ND	ND
diethyl phtalate	ND	74	ND	ND	ND	ND	ND	92	ND
di-n-butyl phtalate	ND	12	6	ND	ND	ND	ND	15	ND
n-nitrosodi-n-butylamine	ND	ND	9	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-naphthylamine	ND	ND	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
diethyl phtalate	ND	ND	50	ND	ND	ND	ND	ND	ND
methyl methanesulfonate	ND	ND	ND	ND	ND	16	ND	ND	ND
4-chloroaniline	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	41
Tetatively Identified Compound	micrograms								
ethyl benzene	250	260	170	ND	ND	210	320	130	ND
cis-2-nonene	440	ND	370	ND	ND	ND	ND	ND	ND
nonane	250	170	210	ND	ND	180	190	140	ND
styrene	270	250	ND	ND	ND	ND	ND	220	80
1,2-dimethyl benzene	330	270	230	ND	ND	ND	ND	110	ND
benzaldehyde	260	170	170	25	ND	240	250	230	110
1-decene	410	250	360	ND	ND	360	310	450	170
1,2,4-trimethylbenzene	190	ND	ND	ND	ND	140	170	ND	ND
butyl benzene	260	220	170	ND	ND	150	370	230	160
1-undecene	430	280	ND						
n-undecene	170	ND	160	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-dodecene	330	ND							
n-dodecene	230	ND	200	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-tetradecene	370	250	380	ND	ND	170	ND	360	ND
tridecane	210	150	220	ND	ND	170	ND	120	50
1-pentadecene	400	260	400	ND	ND	170	ND	290	120
pentadecene	200	ND	200	ND	ND	220	250	ND	87
1-nonene	ND	310	ND	ND	ND	ND	400	430	ND
5-undecene	ND	130	ND						
pentyl benzene	ND	150	ND						
1-dodecene	ND	220	330	ND	ND	ND	230	320	110
2,4-dodecene	ND	140	ND						
2-decenal	ND	140	ND	ND	ND	190	250	140	64
1-tridecene	ND	210	360	ND	ND	250	250	290	100
1,3,5,7-cyclooctatetra silane	ND	ND	170	ND	ND	220	310	ND	ND
cyclopropane	ND	ND	370	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tetradecane	ND	ND	140	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-hexadecene	ND	ND	230	ND	ND	ND	ND	ND	ND
benzonitrile	ND	ND	ND	27	61	ND	ND	ND	ND
1-methyl cyclopropane	ND	ND	ND	ND	ND	420	200	ND	160
heptanal	ND	ND	ND	ND	ND	380	440	300	130
octyl cyclopropane	ND	ND	ND	ND	ND	370	340	ND	ND
nonanoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	140	ND	ND	56
3-dodecen-1-al	ND	ND	ND	ND	ND	160	210	ND	ND
1-tridecanol	ND	ND	ND	ND	ND	310	ND	ND	ND
3-methyl 2-norcaranone	ND	ND	ND	ND	ND	ND	190	ND	ND
2-nonenal	ND	ND	ND	ND	ND	ND	210	130	ND
e-2-octenal	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	120	ND
1-hepta cyclopropane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	410	170
pentadecane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	190	ND
4,5-di 1h-imidazole	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	62
2-octanone and trime	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	48
octanoic acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	79
2-undecenal	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5-octadecene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	140

TECHNICAL REPORT DATA		
Please read Instructions on the reverse before completing)		
1. REPORT NO. EPA-600/R-98-048	2.	3. RECIPIENT'S ACCESSION NO.
4. TITLE AND SUBTITLE Emissions from Street Vendor Cooking Devices (Charcoal Grilling)	5. REPORT DATE June 1999	
	6. PERFORMING ORGANIZATION CODE	
7. AUTHOR(S) Suh Y. Lee	8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO.	
9. PERFORMING ORGANIZATION NAME AND ADDRESS ARCADIS Geraghty and Miller P.O. Box 13109 Research Triangle Park, NC 27709	10. PROGRAM ELEMENT NO.	
	11. CONTRACT/GRANT NO. 68-D4-0005, W.A. 5-023; 68-C-99-201, W.A. 0-037	
12. SPONSORING AGENCY NAME AND ADDRESS EPA, Office of Research and Development Air Pollution Prevention and Control Division Research Triangle Park, NC 27711	13. TYPE OF REPORT AND PERIOD COVERED Final; 1/98-3/99	
	14. SPONSORING AGENCY CODE EPA/600/13	
15. SUPPLEMENTARY NOTES APPCD project officer is Paul M. Lemieux, Mail Drop 65, 919/541-0962		
16. ABSTRACT <p>The report discusses a joint U.S./Mexican program to establish a reliable emissions inventory for street vendor cooking devices (charcoal grilling), a significant source of air pollutants in the Mexicali-Imperial Valley area of Mexico. Emissions from these devices, prevalent in the streets of Mexicali, Mexico, were investigated experimentally by measuring levels of particulate matter, particle size distributions, volatile and semivolatile organic compounds, aldehydes, and oxides of nitrogen and sulfur, emitted when meat is cooked on a grill over a charcoal fire. The test grill simulated the street vendor cooking devices in Mexicali. To investigate the emission rate, both beef and chicken were tested. Furthermore, both meats were marinated with a mixture similar to that used by the street vendors. Difficulties in obtaining enough Mexicali charcoal necessitated using local charcoal for some of the tests. Both types of charcoal were compared to ensure similar physical and chemical properties. Some tests were conducted with non-marinated beef for comparison. Two blank runs were performed sampling charcoal fires without meat. Finally, a simple control device, normally used in an exhaust fan to trap grease over a kitchen stove, was evaluated for its effectiveness in reducing emissions. All, except sulfur dioxide, emissions measured during the runs appeared to be reasonable.</p>		
17. KEY WORDS AND DOCUMENT ANALYSIS		
a. DESCRIPTORS	b. IDENTIFIERS/OPEN ENDED TERMS	c. COSATI Field/Group
Pollution Cooking Devices Charcoal Combustion Chickens Beef	Emission Particles Organic Compounds Nitrogen Oxides Sulfur Oxides	Pollution Control Stationary Sources Grilling Particulate Marinades Grease Traps
		13B 14G 06H 21D 07C 21B 07B 06C, 02E
18. DISTRIBUTION STATEMENT  Release to Public	19. SECURITY CLASS (This Report)  Unclassified	21. NO. OF PAGES
	20. SECURITY CLASS (This Page)  Unclassified	22. PRICE